Niveau(x) d'enseignement: 0 Numéro EDUQ : 9270806
Centre d'intérêt: 000

Séminaire du Cirade sur la représentation : 1989-1990. -- Montréal : Cirade, [1990?].
341 p. : ill. ; 29 cm.

Comprend du texte en anglais. Bibliogr. à la fin des textes.

Vedette(s)-secondaire(s): Université du Québec à Montréal. Centre interdisciplinaire de recherche sur l'apprentissage et le développement en éducation

Descripteur(s): Sciences * Lecture * Compréhension * Langue seconde * Didactique * Bande dessinée * Société * Recherche en éducation * Programme d'études * Epistémologie * Recherche scientifique * Diffusion de l'information * Mathématiques * Résolution de problème * Robotique * Méthode de recherche * Langage

Identificateur(s) de sujet: Constructivisme * Représentation * Représentation spatiale

Ces textes du séminaire sur la représentation du CIRADE contiennent les communications no 40 à no 59 qui ont porté sur les thèmes suivants: l'enseignement des sciences, la compréhension en lecture, la didactique des langues secondes, la vulgarisation scientifique par la bande dessinée, les rapports sciences/société et représentations scolaires, la recherche en éducation, l'"inductive curriculum", le développement conceptuel et le dérangement épistémologique dans l'enseignement des sciences, la diffusion des savoirs scientifiques, la didactique des mathématiques, la représentation et la contextualisation en mathématiques, la compréhension des problèmes à l'élémentaire, la représentation spatiale, le langage naturel dans l'expression algorithmique des problèmes en robotique éducative.

Type de document:

9270806

CENTRE INTERDISCIPLINAIRE DE RECHERCHE SUR
L'APPRENTISSAGE ET LE DÉVELOPPEMENT EN ÉDUCATION

cirade

Université du Québec à Montréal

9270806

Séminaire du CIRADE sur la Représentation

1989-1990

Table des matières

N° 40 A Constructivist Approach to the Learning of Science: Collaborative Research with Science Teachers.
Par Gaalen Erickson (University of British Columbia) 4

N° 41 La compréhension en lecture: un carrefour interdisciplinaire.
Par Monique Lebrun (Département des sciences de l'éducation, Université du Québec à Montréal) 22

N° 42 Fondements des grands courants en didactique des langues secondes.
Par Claude Germain (Département de Linguistique, Université du Québec à Montréal) 69

N° 43 La vulgarisation scientifique par la bande dessinée.
Par Yves Girault (Université de Montréal) 85

N° 44 Les rapports sciences/société et représentations scolaires.
Par Marta Anadon (Faculté des sciences de l'éducation, Université du Québec à Chicoutimi) 134

N° 45 Enquête sur les pratiques de recherche en éducation au Québec: synthèse et conclusion.
Par Jean-Marie Van der Maren (Département d'études en éducation et d'administration de l'éducation, Université de Montréal) 148

N° 46 The Inductive Curriculum: Integrated Teaching and Learning for the Middle School.
Par Leslie D. McLean (Ontario Institute for Studies in Education, Toronto) 165

N° 47 Développement conceptuel et dérangement épistémologique dans l'enseignement des sciences: théorie et pratique.
Par Marie Larochelle et Jacques Désautels (Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université Laval) 184

Nº 48 La diffusion des savoirs scientifiques: un survol du domaine.
Par Michael Huberman (Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation, Université de Genève, Suisse) 224

Nº 49 Quelques idées sur la méthodologie de la recherche en didactique des mathématiques liée à la notion d'obstacle épistémologique.
Par Anna Sierpinska (Institut de mathématiques de Varsovie, Pologne) 241

Nº 50 Contextualisation et représentation en mathématiques.
Par Claude Janvier (CIRADE et Département de mathématiques et d'informatique, Université du Québec à Montréal) 265

Nº 51 Compréhension des problèmes à l'élémentaire et gestion mentale.
Par Alain Taurisson (Département de mathématiques et d'informatique, Université du Québec à Montréal) 286

Nº 52 La représentation spatiale conceptions et problèmes actuels.
Par Richard Pallascio (CIRADE et Département de mathématiques et d'informatique, Coordonnateur du programme sur la représentation spatiale, Université du Québec à Montréal) 320

Nº 59 Le langage naturel comme paradigme dans l'expression algorithmique des problèmes en robotique éducative.
Par Jean-Baptiste La Palme (Département de mathématiques et d'informatique) et Maurice Bélanger (CIRADE) Université du Québec à Montréal 332

A Constructivist Approach to the Learning of Science: Collaborative Research with Science Teachers

par Gaalen Erickson
University of British Columbia

Séminaire sur la Représentation
20 octobre 1989 - n° 40

CIRADE, UQAM, FÉVRIER 1990

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR

A CONSTRUCTIVIST APPROACH TO THE LEARNING OF SCIENCE: COLLABORATIVE RESEARCH WITH SCIENCE TEACHERS

Gaalen Erickson
Department of Mathematics and Science Education
University of British Columbia
Vancouver, B.C.

The term collaboration has appeared with increasing frequency in the literature of educational research as well as in policy documents directed at educational practice. A cursory inspection of recent conference papers at world-wide educational conferences will show the extent to which this term has crept into the lexicon of educators. Given the diversity of situations and approaches that have been described as collaborative, it may be helpful to ascertain the extent to which there may be a set of common meanings associated with its useage and whether there are any general features that might characterize collaborative approaches to educational problems. The intent of this paper is to initiate such an examination, first by raising some general questions regarding the nature of collaboration and second, by revealing some of the meanings that have been attached to this term in an ongoing research project involving classroom teachers and university educators.

What are some of the factors that could account for this apparent interest in collaborative approaches in the education community ? One of the interesting features in this regard is that the term has been so widely used by *both* the research community and the community of practitioners to describe approaches for conducting educational inquiry and improving teaching practice respectively. Are there any common features to these approaches ? What implications might these approaches have for teacher education ? These are some of the questions that this paper will address.

Let me begin by examining the ordinary language meaning for the term collaboration. One definition quite simply is "to work in conjunction with another or others; to co-operate" (Oxford English Dictionary). Clearly the notion of working together in a co-operative manner captures some of the spirit of its useage in educational settings. However, beyond this somewhat straightforward characteristic, the additional meanings that have been attached to the term are less clear. This ambiguity of meaning can be attributed to our general understanding that collaboration involves a working relationship between people for the purpose of reaching some agreed upon goal. As such, the many different contexts in which collaboration might occur, with the resultant differences in perceived purposes for collaboration, the varied forms of relationships between the participants, and potentially diverse goals, make it all but impossible to try and develop any general sets of meaning to apply to the term collaboration. This does not mean, however, that one should not try to clarify the associated meanings of the term *in particular settings* since becoming clear about what we wish to convey to others in using the term is critical. In this regard, I am in agreement with the position taken by a number of contemporary philosophers who argue that the meaning of terms which refer to relationships among humans are often deeply ingrained *in the practice of this activity* (cf. Hirst, 1983; Morawetz, 1978). Hence the claim being advanced is that the nature of specific collaborative relationships are best examined in terms of the *unique contexts* of those practices. It is for this reason that I am examining the nature of

collaborative relationships as exemplified in terms of our current research project, which has focused upon the improvement of instructional practices in science teaching. I will begin with a brief overview of this project and then go on to discuss some of the questions and issues raised above.

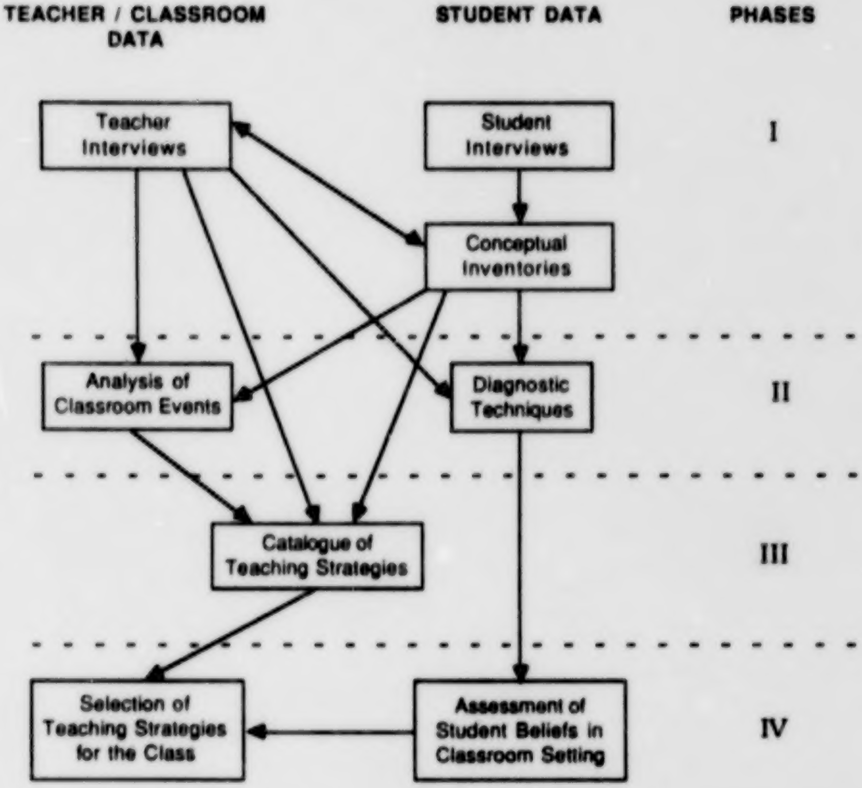
An Overview of the (SI)^2 Project

While the formal beginnings of our Students' Intuitions and Science Instruction group (i.e. the (SI)^2 Project) was initiated only five years ago, when we received funding from the Social Sciences and Humanities Research Council (Erickson, 1984), its conceptual and empirical roots can be traced back to a number of studies over the past twelve years that have been conducted at the Science Education Department at U.B.C. The nature of these studies consisted of two basic types. The first type was that of attempting to document and understand the nature of students' intuitions and thinking about a variety of concepts used to describe and explain physical and biological phenomena (e.g. heat and temperature, motion, forces, solution chemistry, inheritance, growth and cells). The second type endeavoured to examine some aspects of how students' intuitive knowledge might interact with classroom instruction. (See Erickson (1983) for a brief description of some of these studies). Obviously our group was not along in exploring these problems. In fact, the area of student conceptions and the pedagogical implications of those conceptions has become one of **the** growth areas in science and mathematics education research. (See, for example, the papers at two recent international conferences held at Cornell University devoted entirely to these issues: Helm and Novak, 1983; Novak, 1987). In the early eighties, many researchers, including myself, were making conjectures about the value and even necessity of incorporating students' prior knowledge into classroom instruction. However, very few reports of systematic classroom practice incorporating this perspective has been published at the time (the exemplary work reported in many issues of the journal **Outlook**, edited by David Hawkins, and that of Minstrell (1984) in the U.S., Armstrong (1980) and Rowland (1984) in England, and Mitchell (1984) in Australia being notable exceptions). Thus we decided to address this complex problem area by developing a collaborative research team consisting of three classroom teachers and three university-based team members. This project had three broad aims:

(1) the establishment of a co-operative research group with practising teachers and university personnel.
(2) the development and documentation of a constructivist teaching perspective in conventional classroom settings.
(3) the development of strategies for communicating this perspective to pre-service and in-service teachers.

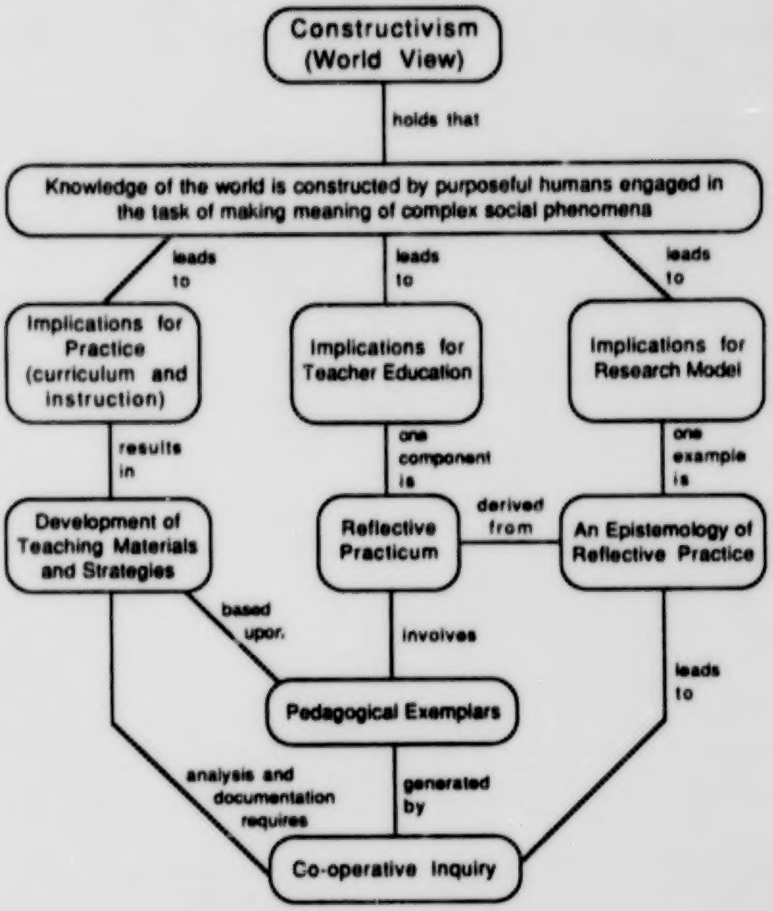
In an earlier paper (Erickson, 1988), I have indicated how this classroom-based project differed significantly from my earlier conception of how the research findings we were generating might be utilized by teachers. Suffice it to say that our present view of the research-practice interface is almost diametrically opposite to that which I, at least implicitly, held ten years ago. Instead of university researchers generating "diagnostic techniques" and "catalogues of teaching strategies" (as displayed in Figure 1) to be *implemented* by the classroom teacher, we now view the teacher as playing a much more

Figure 1
FLOWCHART OF PROJECT



fundamental role in the development phase itself. In fact, we go so far as to argue that to some extent each teacher must *construct* themselves a repertoire of such diagnostic and teaching strategies. This repertoire will, in turn, allow them to respond to the uniqueness and complexity of their practice setting. In claiming this, however, we are not suggesting that individual teachers cannot use or benefit from certain types of knowledge generated by researchers or, in particular, from *other teachers*. In fact our present project is based on the premise that we will be able to develop suitable descriptions of teaching practice that will provide opportunities for others, both novice and experienced teachers, to reflect upon their present understanding of teaching and learning so that they might come to "see classroom phenomena in a new way" (Erickson and MacKinnon, in press). An outline of our current "research agenda" is given in Figure 2. What I have endeavoured to portray in this schematic is the interdependence

Figure 2
OVERVIEW OF THE (SI)^2 RESEARCH AGENDA



of our research settings and our conceptual and methodological commitments. This settings include:

(1) the classrooms of our project teachers;
(2) the methods courses in our pre-service program;
(3) the practicum in our pre-service program.

Because it does illustrate certain of the principles of collaborative work that I will discuss later in this paper, I shall briefly outline the origins of the development of our project team.

The project was initiated early in the summer of 1985 by an intensive three day workshop and then followed up by a two day meeting at the end of the summer just before the new school term was to begin. The intended purpose of the initial workshop was to develop an overall plan for the project and lay out some specific objectives for work in the first year. In reality much of the time was spent by the six participants discussing readings that were distributed earlier as background papers on the topics of professional knowledge and collaborative inquiry, such as that outlined by Schön (1983), and what is meant both theoretically and pedagogically by a "constructivist" approach to science instruction. The discussions on these general perspectives of teaching and learning were frequently interspersed with many specific anecdotes by the teachers about students' actions in particular classroom situations. Interestingly enough, this particular form of discourse -- a dialectic between the theoretical and the practical if you will -- characterized many of the subsequent discussions held during regular project meetings.

I recall being somewhat concerned initially that we did not reach the objectives that I had in mind for the workshop. That is, we did not agree on a specific blueprint for action, nor was there much enthusiasm for developing detailed teaching strategies for the content areas that had been the subject of our earlier investigations into students' intuitive ideas. Nonetheless there was a feeling of optimism and excitement generated by the discussions -- particularly when they made contact with classroom incidents that all of the group members could identify with. Rather than focus of specific content units then, a consensus was reached that we would attempt to identify and document more generalized teaching strategies and descriptions of teaching practice that illustrated our constructivist perspective. It was thought that a teacher might be able to adapt these strategies to most content domains so as to identify student's common sense ideas and then "validate" these ideas by incorporating them in a fruitful way into the ongoing lesson sequence. A number of these general strategies were identified and documented -- some based upon the previous experiences of the group members, some based upon reports from the research literature (cf. Aguirre and Kuhn, 1988; Gurney, 1988; Kuhn and Aguirre, 1987; Parsons-Chatman and Sieben, 1988; and Sieben, 1987).

The first year of the project was spent with the teachers experimenting with different methods for identifying student ideas in a non-threatening manner and then evolving a number of different strategies for working with these ideas. The development of these strategies proceeded much like a cycle of inquiry in an action-research study (Carr and Kemmis, 1986). That is, the initial actions of the teacher created both desired and some undesirable behaviour on the part of the students. The strategy would subsequently be altered to achieve a more favourable balance between these two outcomes. The results of particular "trials" by one of the teachers were often discussed in the group meetings with the upshot frequently being some suggested follow-up activities. (In this instance the reflective component of the action-research cycle is carried out in a group setting rather than being an individual decision).

Over a period of a year, then, our group slowly learned to explain to each other the insights, the frustrations, the highlights of selected moments of practice. Accompanying these monthly project meetings were several more formal in-service sessions where the team would present to other teachers condensed versions of the teaching strategies that were being developed along with comments about the underlying constructivist perspective we had adopted. During these various informal and formal sessions, it

became clear that we were slowly evolving a common language to communicate this view initially to ourselves and subsequently to others. In retrospect, it seems to me that this time period of close to a year was necessary in order to negotiate among one another the unique personal meanings that underlie many of the terms that were used in these group meetings. At the beginning of the project, we shared many general ideas about what we saw as the most important outcomes (i.e. increased student understanding and what constituted the most preferred educational environment). Nonetheless, it is now clear that during the year considerable negotiation about the specific nature of these aims and methods was required among various group members. However, this negotiation process was rarely, if ever, explicit and it most frequently occurred when we engaged in discussions about particular classroom events. Thus we were slowly and quite unconsciously forging a set of shared commitments about how best to think and talk about the instances of classroom practice that the teachers in our group choose to discuss during our group meetings. Without realizing it, we were in effect implementing constructivist principles of learning as we engaged in the process of first, communicating our thoughts and actions to each other and second, to other educators who were not part of the project.

Any attempt to reconstruct either the dynamics or the substance of these interactions among the group members must remain just that -- a reconstruction. Nonetheless it seems reasonable to try to identify some of the significant features of the emerging consensus that has developed among the project team. In Figure 3, I have indentified these features in terms of a number of postulates that appeared to guide, in some way, the deliberations and the decisions made by the project team.

Figure 3
POSTULATES OF THE (SI)^2 PROGRAMME PERTAINING TO TEACHER DEVELOPMENT

1. We believe that the constructivist principles of learning that guide our approach to understanding student learning also applies to the learning of teaching.
2. We view it as important to integrate all components of professional development into a coherent research agenda.
3. Our view of professional knowledge is that it is under continual development and primarily oriented around the practice setting.
4. We believe that an effective method for communicating professional knowledge to teachers is through the use of pedagogical exemplars.
5. We believe it is important to encourage a disposition for "classroom-inquiry" in teachers and to create appropriate climates for this to occur.
6. We believe it will be necessary to develop a "language" of professional knowledge and classroom inquiry that will encourage open communication and criticism among educators.
7. We believe that a model of collaborative-inquiry is the best means for achieving our aims of professional growth and improved practice.

These postulates, then, form the conceptual and methodological bedrock of our project. I will only deal briefly with these postulates in this paper since they are discussed and illustrated in more detail in other papers by our group members (Aguirre and Kuhn, 1988; Erickson, 1987, 1988; Gurney, 1988, 1989; Kuhn and Aguirre, 1987; MacKinnon, 1988, 1989; Parsons-Chatman and Sieben, 1988; Sieben, 1987).

The first postulate declares our commitment to a constructivist perspective of learning as described, for instance, by Driver and Oldham (1986) and White (1988). Moreover, we submit that this perspective is equally relevant to our concerns about student learning of subject matter (the primary focus of the $(SI)^2$ Project) as it is to the learning of a complex practice such as teaching. For instance, my reference earlier to the extensive negotiation process engaged in by our group members, as they attached meaning to our discussions in terms of their respective experiences, illustrates for us the face validity of this postulate in the context of teaching practice.

The second and third postulates emerge, in part, from our constructivist perspective and address our view that professional knowledge is in a state of continual growth and change. Hence, we think that it is both important and informative to examine the nature of the problems of nurturing and enhancing the *construction* of knowledge at various stages and phases of professional development. Our concern for attempting to examine the issues and problems of professional growth in a coherent and integrated program is displayed in the schematic of our research agenda in Figure 2. As indicated in this Figure we have found Schön's writings on an "epistemology of reflective practice" to be both persuasive and fruitful in terms of the ways in which we conceptualize professional knowledge. While Schön's primary concern is to give an account of **how** a practitioner might construct practical knowledge in an action setting, his analysis of the numerous cases in his most recent writings on the subject (Schön, 1983, 1987, 1988) only reveals a rather generalized description of what this knowledge might look like in the context of teaching. We have begun to try and unpack some of the components of that knowledge base, or appreciative system as Schön calls it, in the more specific domain of science instruction (Erickson and MacKinnon, in press; MacKinnon and Erickson, 1988; Marin, 1988).

The technique, referred to in postulate four as "pedagogical exemplars", was developed for the purpose of attempting to communicate aspects of our constructivist perspective on science instruction to other teachers. We are currently examining its fruitfulness in the context of our teacher education programme. In brief, these exemplars consist of a series of videotaped excerpts of classroom episodes edited to illustrate particular features of some of the teaching strategies that our group has developed. Written materials and opportunities for discussion and reflection on these episodes will accompany these videotapes. (See Erickson (1987) for a discussion of the conceptual origins of this technique).

Postulate five outlines what we take to be a very basic disposition or stance that *ought to* characterize the practice of teaching through out a teachers' professional career. Again we are persuaded by Schön's description of how novice teachers construct an ever increasing and more powerful repertoire of teaching moves and skills. One of the primary constructs used by Schön to provide an interpretation of this construction process is his conception of "reflection". While part of this conception is captured by the ordinary meaning of the term, to pause and carefully consider the results of some action or situation (i.e. reflection-**on**-action), an equally important aspect is his emphasis upon reflection-**in**-action. This leads Schön to claim that an important component of teacher's knowledge **resides** in their actions in a practice setting. This claim is similar in nature to that made by other philosophers concerned with providing a description of

practical or professional knowledge (Morawetz, 1978, and Hirst, 1983). For instance Hirst puts the issue this way:

> For practical knowledge is not simply some blind unstructured executive competence that applies rules and principles. ... Practical knowledge is acquired by *living within* the organised social world to which we belong, structured as it is by institutions and traditions of great variety (Hirst, 1983, p. 11-12, emphasis his).

One response to the enormous problem of nurturing continuing professional development, then requires an examination of the appropriate personal and institutional conditions for encouraging teachers to engage in this type of reflection (or "classroom inquiry" as we have called it) throughout their professional lives. It becomes very easy, once in possession of the necessary *survival skills* and a functional repertoire of teaching moves, to gradually shift teaching performances towards the aeronautical equivalent of an "autopilot".

The concern for developing an appropriate language that will nurture and support a professional culture of classroom inquiry, as indicated in postulate six, is a natural outgrowth of the preceeding postulates. Given our experiences, under close to ideal circumstances, this task will be neither straightforward nor rapid. While there is clearly a growing interest in developing more of a professional ethos where teachers are recognized as one of the key actors on the educational stage (Lieberman, 1986; Feinmann-Nemser and Floden, 1986), the conceptual, organizational, and administrative problems in bringing about such a shift are immense.

The final postulate, which outlines our position that a variety of forms of collaborative inquiry will be necessary to achieve our aims, takes us to the primary subject of this paper. In looking back over the five years of the project, it now seems clear that the rationale used to justify our collaborative model of inquiry has shifted somewhat. In my initial application to the Social Sciences and Humanities Research Council for funding, I argued that teachers must be an integral part of the research team on primarily pragmatic grounds. A second, theoretically based argument was also advanced but not elaborated. Briefly stated, my original pragmatic arguments were that teachers must be actively involved in the project because they had direct access to the classrooms where the teaching strategies were to be field tested, they were in a better position than university researchers to judge whether the strategies were effective and functional, and finally they would have more credibility with their peers in terms of communicating our results to other teachers. The theoretical argument was based primarily upon Schön's analysis of reflective practice, which leads to a position that the development of pedagogically functional knowledge must be constructed in the practice setting.

While I think that both of these arguments in favour of a collaborative model of inquiry still stand, I am now inclined to argue that the theoretical argument is at least as compelling as the pragmatic one. As our group began to reflect upon some of the features that seemed to characterize our approach to classroom instruction, we gradually became aware of an internal consistency or coherence between the way that we thought about classroom experiences, about practicum experiences, and even the way that we interacted with each other. When these perceptions, which were noted by all of the group members in various contexts, were explicitly discussed, we attributed this convergence of thought to our commitment to a constructivist perspective (or "world view") of learning.

This perspective, which applies equally well to the grade nine student trying to understand algebra as it does to the teacher trying to understand the problems that students are experiencing in learning algebra, leads us to argue that the individual has the ultimate responsibility of constructing meaning out of the very complex learning environments in which they are located. However, the types of meaning that can be constructed to make sense out of these situations are powerfully constrained by a number of factors. Most notably these constraints come from their previous experiences and background knowledge, the conceptual richness of the linguistic community they are a member of, and in some instances of learning, the phenomena itself is constrained by the *reality* of our physical world. What our group has come to realize is that in order to extend the students' thinking and understanding about phenomena, such as static electricity, we had to be in a relationship with students such that we could better understand their existing ideas about the topic, how those ideas were influencing the meaning they were making of the classroom situation at that point in time, and finally to make instructional decisions about how best to proceed. In other words, we realized that we needed the students to collaborated with us as teachers, in much the same way as we endeavoured to establish a collaborative relationship between the teachers and university educators in the project itself.

Thus, this coherence that I referred to above comes from a shared set of beliefs and values about how people learn. Since all of the contexts in which we were operating -- instructional practices and professional development activities -- involved some aspect of learning, it would seem that these shared commitments about the nature of learning provided the continuity and structure we had implicitly noticed. Furthermore, I am arguing that collaborative relationships are an integral part of the learning environments that we have endeavoured to establish in those contexts involving student learning as well as teacher learning. Hence I am suggesting that collaborative relationships are to be encouraged at several different levels or educational contexts in which we have been operating. In the next section, I will explore the nature of collaborative relationships in some of these contexts and then examine some of the general principles that underlie these relationships in the latter section of this paper.

Contexts of Collaboration

There would seem to be three general, educational settings, or contexts where it seems to make sense to talk about collaborative relationships. These contexts and their associated relationships are presented in Figure 4.

The setting around which most of the work in our project has centered is the classroom. The primary relationship in this setting obviously is that between the teacher and the student. There were three other relationships that were also of concern to our project -- that of [student - student], [teacher - teacher], and of [teacher -university educator]. While there clearly could be other types of collaborative relationships in a given classroom, such as [principal - teacher], or [curriculum consultant - teacher], we have only mentioned those relationships that were exemplified in our project.

Because our project teachers were from different schools, we unfortunately were not able to move easily from classroom to school-level concerns. We do think that ultimately this transition from classroom concerns to school-level concerns is crucial

Figure 4
CONTEXTS AND PURPOSES OF COLLABORATIVE RELATIONSHIPS

Context	Type of Relationship	Purposes
Classroom	student-student	to enhance shared understanding (e.g. cooperative learning)
	student-teacher	to provide negotiated understanding (e.g. constructivist teaching)
	teacher-teacher	to promote reflection and shared language of teaching (e.g. peer coaching)
	teacher-consultant or university educator	to promote reflection and classroom-based inquiry
School	teacher-teacher	to develop shared culture of teaching (e.g. PEEL project)
	teacher-administrator	to implement school-wide changes (various implementation models)
	teacher-university educator	to promote school-based inquiry (e.g. PEEL)
District	school-school	to address system-wide issues and problems of educational practice through inquiry and
	district-district	development activities (e.g. "consortium concept" and "school-university
	district-university	partnerships")

in providing the necessary psychological, intellectual, and institutional resources in order to develop and sustain a climate of collaborative inquiry. While the literature on professional development contains many accounts of collaborative projects at the school level, there is one such project that comes very close to exemplifying at the school-level some of the principles that guide our work. This project, which was given the acronym of PEEL (Project to Enhance Effective Learning), orginally involved ten teachers in five different subject areas from a school in Melbourne. Fortunately they made the effort to document their efforts to collaborate with each other and with their pupils in the form of a book (Baird and Mitchell, 1987). Each of the teachers involved wrote straightforward yet eloquent, accounts of their efforts in encouraging their pupils to take more responsibility for their own learning. These chapters contain numerous accounts of the many problems faced by these teachers and their conjectures about

which of their actions were successful and which were not. As such, this book contains a wealth of information on the conditions which they judged to be essential in establishing and nurturing the collaborative culture which they managed to establish in their school. The basic philosophy and collaborative model for this project has subsequently been adapted by several other schools in the Melbourne area and the book is beginning to be cited extensively in the research literature on teacher development.

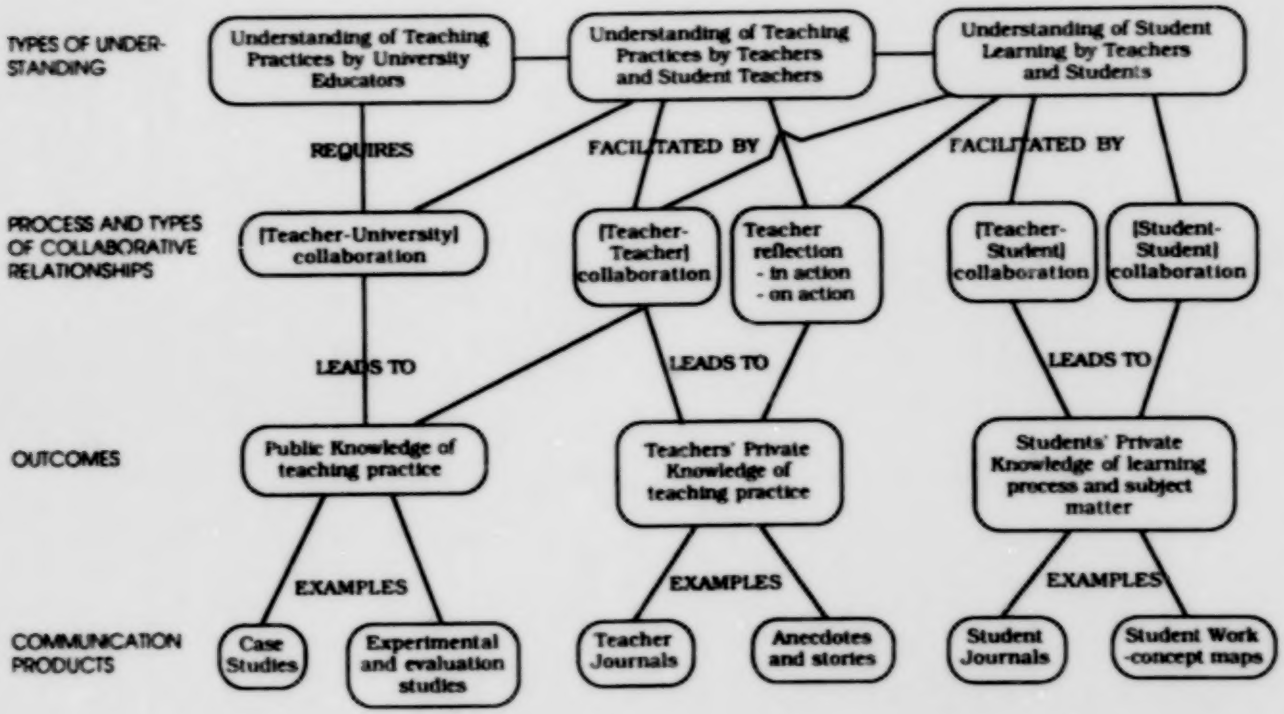
The final level at which one might nurture collaborative relationships is at a district level. Here one might observe efforts aimed at coordinating work at several schools in an endeavor, for instance, to introduce new curricular, instructional, or organizational policies. As above, the educational literature (in this case on implementation) is filled with reports of collaborative projects which have been implemented at the district level. One of the most interesting developments at this level is the series of school - university partnerships that are affiliated with the Center for Educational Renewal established by Goodlad and Sirotnik. In addition to publishing a book dealing with some of the practical, theoretical, and methodological issues of these partnerships (Sirotnik and Goodlad, 1987), they also distribute regular newsletters on recent developments and concerns in some of these partnerships. For the interested reader who wishes to pursue this model further I would recommend a closer examination of the Puget Sound Consortium directed by Anne Lieberman. This partnership has been in operation for several years, they have documented their activities, and Lieberman brings to the project many years of experience of collaborative work with teachers and school district personnel (Lieberman, 1988).

Principles of Collaboration

As I indicated in the introduction of this paper, I think that the diversity of contexts and purposes in which collaborative relationships might develop militates against the search for a set of common principles or values that would be shared by all projects. In particular, I think it is crucial in addressing this issue of underlying principles to identify the intended purpose for establishing a collaborative relationship for each of the partners. Hence, it should be clear that the following discussion refers to the types of collaborative relationships that we saw as important in the $(SI)^2$ Project as they related to a specific purpose.

We think that **one** of the underlying purposes of our project that was shared by all of the participants was that of *understanding and improving the learning process* as it was manifested in two areas -- student learning and teacher learning. While these two areas can be separated for the purpose of analysis, in our project they are totally interconnected, or nested, when they are examined in the classroom context. It should be emphasized that the various participants in the project have different purposes in understanding the learning process and clearly would express that understanding in terms of a different set of concepts. This difference in purpose in the understanding of learning, and the accompanying teaching practices intended to enhance it, along with the collaborative relationships that were part of our project to facilitate that understanding are given in Figure 5. In this scheme I have endeavoured to relate the types of understanding with these collaborative relationships and then illustrate what

Figure 5
"COLLABORATIVE INQUIRY IN THE $(SI)^2$ PROJECT"



we perceive to be the **primary** types of outcomes emanating from these relationships. While the terms public and private knowledge clearly require further elaboration, the only claim I wish to make at present is that **one** of the aims of university educators ought to be to make a public claim of their understanding of those teaching practices which enhance student learning. This is not to say that teachers or even students may not make public claims nor that university educators do not construct private meanings; rather I am suggesting that the most common purpose of students' or teachers' understanding is generally directed towards increasing their own private knowledge base.

In the context of our project, these three types of understanding should be thought of as being nested as illustrated below:

{understanding of teaching practice by university educator <—> [understanding of teaching practice by teacher or student teacher <—> (understanding of student learning by teacher and student)]}

In other words, the most basic form of understanding is that of *student learning*. The nature and substance of this understanding will, however, change as we shift our attention from the students' understanding of their own learning to the teachers' understanding of student learning as reflected in their teaching practice, to the university educators' understanding of the teacher's practice **and** the way in which this practice influences student learning. The primary reason offered for these different types of *understandings* is that the purpose which they serve is quite different, as I endeavoured to illustrate in Figure 5.

I would now like to shift attention to the question posed earlier of whether it is possible to identify some underlying structure of beliefs and values which might be described in terms of a more generalized set of principles. Because we are concerned with collaborative relationships between people engaged in activities aimed at obtaining an improved understanding of learning and teaching, these principles will necessarily have both empirical and normative components. This is the case because our beliefs about teaching and learning are, in part, a product of our prior educational experiences and hence are shaped by our current understanding of how we, or others, learn something. This understanding is primarily empirical in nature and is continually being checked against the *reality* of classroom life to determine its viability. In accepting a description of this nature for the construction of knowledge about teaching and learning, we are also implicitly accepting a position that we ought to try and establish *learning conditions* which would enhance and nurture this construction process. Because we are dealing with human relationships in these endeavours, it is clear that in establishing an appropriate set of conditions we must invoke some set of normative or moral commitments.

In figure 6, I have attempted to reconstruct the most general empirical and normative propositions which appear to characterize the three levels of collaborative relationships as they have been operative in our project. Both the empirical and normative propositions can be derived from our commitment to a "constructivist perspective" on

Figure 6
PRINCIPLES OF COLLABORATIVE RELATIONSHIPS AIMED AT UNDERSTANDING AND IMPROVING LEARNING

Empirical Propositions

Learning often involves a process of inquiry into problematic situations.

-- Therefore collaborative relationships must view teaching practice as being a form of reflective inquiry requiring both an *open* and a *critical* stance towards the problems of teaching.

Learning involves a process of continual growth.

-- Therefore collaborative relationships must endeavour to promote a *disposition for reflective thought and behaviour.*

Learning is promoted when more responsibility and control (i.e. autonomy) is given to the learner.

-- Therefore collaborative relationships must result in endeavours to *validate learners existing knowledge* and provide *opportunities for them to extend it.*

Normative Propositions

Teaching is a relationship involving mutual trust and inquiry.

-- Therefore collaborative relationships must foster an atmosphere of *openess* and the *sharing of intentions and concerns*, while still promoting *critical comment.*

Teaching involves the taking of personal/professional risks.

-- Therefore collaborative relationships must acknowledge the nature of these risks and attempt to establish some *degree of reciprocity* among the partners in terms of risk-taking activities.

Teaching should display both personal and intellectual respect for the learners.

-- Therefore collaborative relationships must be concerned with the *giving of reasons* for their actions.

learning (Driver and Oldham, 1986; von Glasersfeld, 1989). The empirical components focus primarily upon our *experiential model of learning* which draws extensively upon a type of neo-pragmatist account of knowledge construction such as that developed by Schön (1983, 1988) or Hirst (1983) in the context of professional knowledge. As such the notion of reflective inquiry into problematic situations is a very prominent feature of this position.

Other empirical commitments include the notion that the acquisition of knowledge is developmental in nature which implies that we are dealing with *lifelong learning* and hence our task is to try to develop dispositions which would enable this sort of learning to occur throughout a learners' (or teachers') life. Finally, our perspective also commits us to a view that we can promote learning by *validating the learners' existing knowledge* and encouraging them to take more responsibility and control over their own learning. I would argue that these are primarily empirical propositions because they are open to criticism and refinement on the basis of empirical evidence.

The other set of propositions listed in Figure 6 have been referred to as being primarily normative in nature since they entail a commitment to some form of moral principle guiding the conduct of the various collaborative relationships involved in the project. The first such proposition is the establishment of an atmosphere or mutual trust and openess that will permit individuals to voice their own intentions and concerns in teaching/learning situations. This proposition is related to the autonomy condition above in that we submit that it would be difficult for a learner to become more autonomous unless this kind of mutual trust is present in the collaborative relationship.

A second related proposition involves the importance of recognizing that teaching, or learning as it relates to personal growth, requires some degree of risk and that there should be some degree of reciprocal sharing of these risks in collaborative relationships.

A final proposition that we think is fundamental to our notion of collaborative relationships is the importance that we attach to *personal and intellectual respect* for the learner. Because we think of all the participants in our project as learners, this proposition applies to all three collaborative levels.

While I have not developed a detailed description of these propositions nor traced back the origins of each to our constructivist perspective, it would be relatively easy to do so. This task, however, must await another forum.

In conclusion, I have argued in this paper that because collaboration requires some form of working relationship toward a common goal or set of purposes, then the contexts in which these relationships occur and which determine the purposes of the activities are critical in determining the specific nature of any meaning that is attributed to this term. As such, I suggested that it may be futile to try to search for general, decontextualized descriptions of what a collaborative relationship might look like. This stance was not to deny the importance of obtaining some conceptual clarity for the use of these terms, but rather to examine the way in which the terms were used in a specific setting or project. A collaborative project with teachers, student teachers, and university educators directed towards the improvement of science learning was used as an example of such a specific setting. In analyzing the types of activities that we engaged in and the different types of understandings that we hoped to generate in the project, I claimed that one could differentiate between several types of collaborative relationships. Each of these types would likely lead to a different form of outcome. Furthermore, I argued that if one examined our underlying theoretical commitment to a "constructivist perspective" on learning, then it was possible to identify a number of general propositions or principles that appeared to guide many of our activities with the students as well as with the teachers involved in our project. These propositions, which are deeply embedded in the various activities and practices associated with our project, are, in my view, as close as we can come to articulating the meaning of a *collaborative relationship*.

References

Aguirre, J., & Kuhn, K. (1988). *An interetive approach to learning science: the journal method.* A paper presented at the annual meeting of the Canadian Society for the Study of Education, Windsor, Ontario.

Armstrong, M. (1980). *Closely observed children.* London: Writers & Readers.

Baird, J., & Mitchell, I. (1987). *Improving the quality of teaching and learning: An Australian case study - the PEEL Project.* Melbourne: Monash University Press.

Carr, W., & Kemmis, S. (1986). Becoming critical: education, knowledge and action research. London: Falmer Press.

Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education, 13*, 105-122.

Erickson, G. (1984). *Development of an instructional approach based upon a cognitive perspective.* A proposal submitted to Social Sciences and Humanities Research Council of Canada.

Erickson, G. (1987). *Constructivist epistemology and the professional development of teachers.* A paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association in Washington, D.C., to a symposium on "Educational Implications of Personal and Social Construction of Knowledge".

Erickson, G. (1988). *Processes and products from the $(SI)^2$ Project: Anatomy of a collaborative approach.* A paper presented at the annual meeting of the Canadian Society for the Study of Education, Windsor, Ontario.

Erickson, G. (1988a). Explorations in the field of reflection: Directions for future research agendas. In P. Grimmet & G. Erickson (Eds.): *Reflection in teacher education.* New York: Teachers College Press.

Feiman-Nemsor, S., & Floden, R. (1986). The cultures of teaching. In M. Wittrock (Ed.): *Handbook of research on teaching, 3*, pp. 505-526. New York: Macmillan.

Glasersfeld, E. von (1989). Cognition, construction of knowledge, and teaching. *Synthese, 80*(1), 121-140.

Gurney, B. (1988). *Conceptual change through negotiation.* A paper presented at the Annual Conference of the Canadian Society for the Study of Education, Windsor, Ontario.

Helm, H., & Novak, J. (Eds.) (1983). *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics.* Ithaca, NY: Cornell University.

Hirst, P. (1983). Educational theory. In P. Hirst (Ed.): *Educational Theory and its foundational disciplines.* London: Routledge and Kegan-Paul.

Kuhn, K., & Aguirre, J. (1987). A case study of the "journal method": A method designed to enable the implementation of constructivist teaching in the classroom. In J. Novak (Ed.): *Proceedings of the 2nd International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics.* Ithaca, NY: Cornell University.

Lieberman, A. (1986). Collaborative research: Working with, not working on ... *Educational Leadership*, February, 28-32.

Lieberman, A. (Ed.) (1988). *Building a professional Culture in schools*. New York: Teachers College Press.

MacKinnon, A. (1988). *Conceptualizing a science teaching practicum: "The hall of mirrors"*. A paper presented to the Annual Canadian Society for the Study of Education, Windsor, Ontario.

MacKinnon, A. (1989). Conceptualizing a hall of mirrors in science teaching practicum. *Journal of Curriculum and Supervision, 5*(1), 41-59.

Marin, P. (1988). *Collaboration in elementary science teaching: Four cases*. A doctoral dissertation submitted to the University of British Columbia.

Minstrell, J. (1984). Teaching for the development of understanding of ideas: Forces on moving objects. In C. Anderson (Ed.): *Observing science classrooms: Observing science perspectives from research and practice*. Columbus, Ohio: ERIC Clearninghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.

Mitchell, I. (1984). Instructional strategies for changing a student's world view. A masters project, Monash University, Melbourne.

Morawetz, T. (1978). *Wittgenstein and knowledge*. Amherst, MA: The University of Massachusetts Press.

Novak, J. (Ed.) (1987). *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University.

Parsons-Chatman, S., & Sieben, G. (1988). *A case study of concept mapping and other constructivist instructional strategies for teaching a unit on the environment*. A paper presented at the annual meeting of the Canadian Society for the Study of Education, Windsor, Ontario.

Schön, D. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.

Schön, D. (1987). *Educating the reflective practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass.

Schön, D. (1988). Coaching reflective teaching. In P. Grimmett & G. Erickson (Eds.): *Reflection in teacher education*. New York: Teachers College Press.

Sieben, G. (1987). Introducing concept mapping in the day to day science curriculum. In J. Novak (Ed.): *Proceedings of the 2nd International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University.

Sirotnik, K., & Goodlad, J. (Eds.) (1987). *School-University Partnerships in Action: Concepts, cases and concerns*. New York: Teachers College Press.

Rowland, S. (1984). *The enquiring classroom: An approach to understanding children's learning*. London: Falmer Press.

White, R. (1988). *Learning science*. Oxford: Basil Blackwell Inc.

La compréhension en lecture: un carrefour interdisciplinaire

par Monique Lebrun
Département des sciences de l'éducation
Université du Québec à Montréal

Séminaire sur la Représentation
8 décembre 1989 - n° 41

CIRADE, UQAM, février 1990

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR.

INTRODUCTION

Lorsqu'on m'a proposé de donner une conférence au CIRADE, il m'a semblé qu'un sujet comme celui-ci s'insérait naturellement dans les préoccupations de ce centre de recherche qui, non seulement est voué aux questions d'apprentissage, mais également à des problématiques communes émergeant des recherches sur l'apprentissage.

Or, s'il est un domaine requérant les forces vives de chercheurs de diverses provenances et dont l'objet multiforme est considéré comme le bien de tous, c'est bien celui de la lecture: linguistes, sémiologues, sémanticiens, psychologues cognitivistes et pédagogues ont contribué à élargir nos connaissances à la fois sur le sujet lecteur et sur le texte lu.

Mon exposé comportera quatre parties d'importance inégale. Je définirai tout d'abord sommairement les termes utilisés dans le titre, quitte à les repréciser en cours de route. Une deuxième partie tentera de cerner l'objet d'analyse, à savoir la phrase, le texte ou le discours, par le recours à des concepts issus de la linguistique, de la sémantique et de la pragmatique. Je mentionnerai ensuite quelques grandes avenues de la psychologie cognitive concernant le sujet lecteur et ses capacités de traitement de l'information textuelle. Le dernier point, pour moi le plus important, constitue une tentative d'intégrer les apports de chaque discipline en un modèle intégré des compétences en lecture qui tienne compte des caractéristiques du lecteur et du texte.

1. Précisions terminologiques

Comment choisir une définition univoque, ou à tout le moins suffisamment générale pour être fonctionnelle, de la compréhension en lecture? Le pédagogue va insister sur le recours à un questionnement déjà calibré et sur l'atteinte d'objectifs en fonction d'un programme institutionnalisé, le psychologue, sur les habiletés mentales complexes du sujet lecteur, l'écrivain, sur la perception de l'esthétisme des tournures, le linguiste, sur la perception de la signification du code, etc. Pour moi, il existe deux grands types de définitions de la compréhension en lecture: celles issues des sciences du langage (que nous verrons en 2e partie) et celles issues de la psychologie cognitive (qui se préciseront en 3e partie). La meilleure définition de la compréhension en lecture serait composite et intégrerait le processus psychique, les techniques d'apprentissage, le niveau requis de réflexion et de connaissance du code. La meilleure définition serait également celle qui se présenterait sous forme de modèle permettant de saisir à la fois la tâche du sujet et les ressources dont il doit disposer (d'où ma 4e partie).

Il est plus facile de définir le mot "compréhension" quand on ne l'accole pas au mot "lecture". La compréhension est une activité cognitive de haut niveau qui vise à la fois la communication (c'est son aspect social) et l'apprentissage (c'est son aspect individuel). Cette activité cognitive, puisqu'il s'agit de traitement d'information, se double d'une activité au plan affectif qui tend à se dérober à l'analyse.

Après ce qui vient d'être mentionné, affirmer que la compréhension en lecture constitue un carrefour interdisciplinaire est quasi tautologique. L'interdisciplinarité désigne ce qui se situe à l'intersection de quelques disciplines: ici, il s'agit d'un projet commun à quelques-unes, la compréhension de texte. Je me réfère en l'occurrence à la définition de Buono (1976, 81), pour qui la stratégie interdisciplinaire s'applique à un problème exigeant une approche holistique afin 1) de délimiter le contour de ce problème et 2) de cerner l'apport de chaque discipline à sa solution. L'approche interdisciplinaire me semble ici propre à vaincre, selon le mot de Palmade (1977, 21) la nostalgie de "l'unité du vécu naïf". Il est sûr que chaque discipline a sa propre structure et entretient avec la réalité qu'elle prétend décrire des rapports qu'elle définit elle-même et qui deviennent à la longue contraignants. Afin de parler de compréhension en lecture dans une approche interdisciplinaire, je prendrai, dans chaque discipline les concepts qui occupent une position centrale sur le sujet traité. Selon moi, qui dit interdisciplinarité dit intégration non seulement des savoirs, mais également des processus, ce qui est une position généralement admise (cf Ceri-OCDE, 1972). L'idéal serait évidemment de considérer la compréhension en lecture comme un domaine de recherche transdisciplinaire (cf Bertrand 1976) et de montrer qu'au delà des diverses disciplines, elle vise le développement global de la personne. Sans doute sommes-nous sur le point d'y arriver,

en particulier grâce aux psycholinguistes...

2. Objet d'analyse et sciences du langage

Je considérerai ici trois sciences du langage, soit, dans l'ordre, la linguistique proprement dite, puis la sémantique-sémiotique et enfin, la pragmatique. Chacune contribue, à sa façon, à scruter l'objet d'analyse, le texte.

2.1 Linguistique

Je parlerai ici, on doit s'y attendre, de quelques positions de la linguistique de type chomskyen face à la recherche du sens, puis tenterai de mentionner d'autres courants, certains, traditionnels, d'autres, plus novateurs, qui tous peuvent concourir à éclairer la compréhension du texte. Cette description permettra également de mesurer que les recherches que l'on regroupe habituellement sous le terme générique de "linguistique" se caractérisent en fait par une grande diversité de méthodes et de points de vue.

2.1.1 Linguistique chomskyenne

C'est la théorie de la grammaire générative et transformationnelle de Chomsky, élaborée à partir de la fin des années cinquante, qui a permis de poser de façon claire le lien entre la syntaxe et la sémantique, entre le contenu et la structure des phrases, par le biais de l'interprétation de la structure profonde de ces phrases. En 1957, Chomsky parle d'une phrase noyau produite par transformations obligatoires et de phrases négatives, interrogatives, passives, complexes, produites par transformations facultatives. En 1965, il élabore une "théorie standard" qui durera dix ans: le noyau de base de la phrase engendre la structure profonde, et les transformations donnent la structure de surface. Les transformations ne changent plus le sens. Elles ne sont plus facultatives: elles existent telles quelles dès la structure profonde. La composante sémantique permet d'interpréter la structure profonde et de dériver la structure de surface. Il existe également une composante morpho-phonologique.

Pour Chomsky (1977, 148), sa nouvelle conception de la grammaire générative doit décrire la structure de toutes les phrases possibles et non les règles de succession des phrases. C'est le concept de phrase qui distingue l'étude grammaticale de celle du sens. Pour le père de la grammaire générative et transformationnelle, ceux qui ne s'intéressent

qu'à la signification ne s'intéressent pas au langage, à la structure linguistique. Selon lui, la syntaxe est autonome: elle n'est pas fondée sur la sémantique. On peut toutefois, comme Katz et Fodor, associer les représentations sémantiques aux structures syntaxiques. Cela lui semble périlleux, les structures syntaxiques n'ayant, dit-il, que des "postulats de sens".

Le moins qu'on puisse dire est que la position de Chomsky n'a pas suscité l'unanimité, chez les linguistes. Dans sa grammaire de cas, Fillmore (1979) soutient que la structure sous-jacente est de nature sémantique. Les sémanticiens générativistes que sont Lakoff, Postal et Mc Cawley se sont prononcés contre l'autonomie de la syntaxe: pour eux, elle est en continuité avec la sémantique. On critique généralement Chomsky et sa GGT à un triple point de vue: l'emphase qu'il met sur la syntaxe, l'adoption de la phrase comme la plus grande unité d'analyse possible et l'abstraction du contexte d'émission de cette phrase, ce qui fausse l'analyse de la grammaticalité.

La position de Chomsky, presque entièrement fondée sur la morpho-syntaxe, nous conduit à définir l'objet d'analyse: est-ce le mot, la phrase, l'ensemble de phrases, le texte tout seul ou le texte avec l'ensemble de ses interprétations? Il me semble que, actuellement, pour ce qui est de leur contribution au domaine de la compréhension en lecture, deux grands courants de la linguistique doivent être mentionnés: celui de la linguistique descriptive, plus particulièrement les études de lexicologie et de syntaxe, et celui de la linguistique de texte.

2.1.2 Linguistique descriptive

Lexicologie

Bien que le terme "vocabulaire" soit d'un usage très courant, la linguistique lui substitue celui de lexique, qui introduit une connotation scientifique. Dès qu'on évoque la constitution de listes de mots ou de dictionnaires, on utilise le terme "lexicographie". Si on peut facilement mesurer l'acquisition purement conventionnelle du sens des mots, on ne peut le faire pour les liens hautement personnalisés rattachant parfois concepts et mots. Ajoutons que l'analyse lexicale doit tenir compte, en plus des limites de l'expérience individuelle, des registres de langue, de la polysémie et de l'aspect développemental du lexique au cours des années de scolarisation.

Les unités de base du lexique, les mots, ne sont pas isolés les uns des autres dans l'esprit de l'utilisateur. Considérer le mot comme unité d'analyse crée des difficultés. Certains mots ont un sens plus "plein" que d'autres (les lexèmes, par opposition aux

morphèmes), ou encore, contiennent des affixes que l'on doit considérer isolément ou non. Enfin, il est souvent difficile de considérer le mot au détriment du syntagme auquel il peut appartenir.

Jusqu'aux années soixante, les linguistes se penchant sur le problème de la lecture ont focalisé leur attention sur la correspondance phono-graphique et la reconnaissance du mot au détriment d'unités plus vastes. Le fait qu'ils aient surtout considéré la lecture au niveau primaire explique peut-être cette attitude. Deux auteurs bien connus me semblent représenter et résumer cette tendance, Bloomfield (1942) et Fries (1964).

Depuis 1944 et les travaux de F.-B. Davis, les tests de lecture tiennent compte de la performance lexicale en tant que variable à part entière. Ce n'est que depuis les années soixante-dix, toutefois, que les recherches raffinent le concept de "connaissance lexicale". Ainsi, on parle en termes de fréquence lexicale (Perfetti et Hogaboam, 1975), de prédictibilité lexicale (Wildman et Kling, 1978-79; Perfetti, 1981-82), de sens du mot en contexte (Anderson et Sifrin, 1980), de temps de reconnaissance selon le caractère général ou spécifique du vocabulaire (Anderson et Sifrin, 1980; D. Dubois, 1981-82), d'analyse des affixes (Meijers et Jarvella, 1981-82), des confusions synonymiques et antonymiques dans le rappel (D. Dubois, 1981-82), des ambiguïtés lexicales (Olson et Mackay, 1974). Pour D. Dubois (1981-82), puisque le lexique renvoie à la fois au signifié et au signifiant, il faut en repérer les processus en aval, c'est-à-dire voir l'intégration des mots à la phrase. C'est ce que font Isakson et Miller (1976), lorsqu'ils vérifient si les capacités des lecteurs à utiliser les indices syntaxiques pour intégrer le sens des mots isolés.

Syntaxe

Comme nous venons de le signaler, la signification d'un mot peut varier selon le contexte syntaxique. La phrase est donc, comme le mot, une unité sémantique. Le concept de "phrase" reste, encore aujourd'hui, difficile à définir: certains se basent sur les "constituants immédiats" de la grammaire générative et transformationnelle.

On n'en est qu'au tout début des études sur la maturation syntaxique (Huggins et Jager Adams, 1980; Dubuisson, 1982; Huot-Lemonnier, 1984). Ainsi, on sait qu'il est plus difficile pour le lecteur débutant de tenir compte du principe de la distance minimale entre des mots fonctionnellement ou sémantiquement reliés. On sait, d'autre part, que les transformations syntaxiques de base décrites par Chomsky peuvent être retrouvées dans les phrases d'enfants de quatre et cinq ans, et comme il est possible que la compréhension demande moins de sophistication syntaxique que la production, on

peut en déduire qu'il serait justifié de présenter à de jeunes lecteurs des phrases de types divers. L'enfant, selon Jager Adams, reconnaîtrait moins facilement que l'adulte les unités syntaxiques. Ainsi, si on enlève brusquement son texte à un lecteur exercé, il aura le temps de finir (et de se remémorer) une unité syntaxique: les structures syntaxiques lui servent à coordonner ses fixations visuelles.

Les recherches concernant les rapprochements entre connaissances syntaxiques et performances en lecture me semblent aller dans quatre directions.

La première série de recherches concerne les types de phrases. Ainsi, on oppose les phrases simples aux phrases complexes et la juxtaposition à l'enchâssement. Voici certaines conclusions qui en découlent (voir Schlesinger, 1968; Pearson, 1974-75; Wildman, 1978-79; Huggins et Jager Adams, 1980). On ne peut toujours exprimer des idées complexes dans des phrases à forme simple: ainsi, une enchâssée a souvent plus de cohésion sémantique que deux indépendantes correspondantes. La juxtaposition à droite est plus facile, même pour l'enfant, que l'enchâssement. À moins d'être du 3e degré, l'enchâssement ne nuit pas notablement à la lecture. C'est l'enchâssement à droite du verbe principal qui est le plus compréhensible. Sauf dans le cas de l'enchâssement, la complexité syntaxique ne semble pas jouer dans le jugement sur la grammaticalité des phrases, sur la compréhension et sur la reconstruction. L'interruption de la relation sujet-verbe (soit le mot-écran) introduit des obstacles mémoriels qui interfèrent avec l'intégration sémantique de la phrase. Les chercheurs ne s'entendent pas, toutefois, quand il s'agit de juger du degré de difficulté des juxtaposées et enchâssées en "que" et en "qui" (voir Ferreiro et al., 1976 et Cohen-Bacrt, 1978).

Les recherches sur les catégories grammaticales démontrent que les substitutions en cours de lecture, ou bien appartiennent à la même catégorie grammaticale que le mot correct, ou bien ne violent pas les contraintes grammaticales de la phrase (cf Wisher, 1976). On se rappellerait mieux les substantifs que les verbes, et surtout, les adjectifs que les adverbes; le SN1 se retiendrait mieux que le SN2 (D. Dubois, 1975).

Les formes des phrases constituent le troisième courant de recherche (cf Miller, 1962; Mehler, 1963; Savin et Perchonok, 1963; Martin et Roberts, 1966; Slobin, 1966). On a tenté de prouver que les transformations de la famille "PNQ" (i.e. passive, négative, interrogative) constituaient de véritables opérations mentales dans la production et l'interprétation des phrases. Rappelons que la phrase la plus simple ou phrase noyau (ou "k" = "kernel") est déclarative, active et affirmative: on peut lui appliquer l'une ou l'autre des trois transformations, ou les trois, simultanément. Il a été prouvé que les transformations qui demandent le plus de temps sont, par ordre croissant, le passage de

K à N, celui de K à P et celui de K à PN, qui demande exactement deux fois plus de temps que les deux transformations précédentes ensemble. On a pu prouver que la phrase K est plus facile à retenir que toutes les autres formes de phrases. De même, on a prouvé que la phrase résultant de deux transformations occupe plus de place dans la mémoire à court terme que la phrase à une seule transformation.

Le quatrième courant de recherche concerne la longueur des phrases (cf Schlesinger, 1968; Pearson, 1974-75). Les phrases complexes sont généralement longues; le nombre des structures possibles augmente avec la longueur de la phrase. On a pu prouver que les phrases courtes sont généralement plus redondantes. La vitesse de lecture ne varie pas systématiquement avec la longueur des phrases, quoiqu'on puisse en penser à première vue: en fait, les phrases complexes arriveraient à rendre plus évidente l'organisation du contenu.

2.1.3 Linguistique de texte

Le terme "linguistique de texte" est apparu pour la première fois sous la plume de Coseriu (1955-56, 33). Weinrich (1967,109) l'a ensuite transporté en Allemagne, puis les Anglo-saxons l'ont traduit littéralement. Parfois, on confond ce terme avec celui "d'analyse du discours", parfois, on les oppose. Depuis les années soixante-dix, ils sont en constante interaction et désignent l'extension du champ conventionnel de la linguistique qu'est la phrase. Selon Beaugrande (1985), la linguistique de texte se préoccupe davantage des structures grammaticales et l'analyse du discours, d'un ensemble de textes qui se complètent mutuellement. Pour lui, dans la transition qui s'est effectuée entre la grammaire de phrase et la grammaire de texte, est apparue une anomalie incluse dans la théorie linguistique elle-même, à savoir la séparation de la langue et de son utilisation.

Les linguistes admettent de plus en plus eux-mêmes qu'on ne peut définir le texte en termes purement logiques ou linguistiques, précisément à cause de l'importance des participants à la communication et du contexte. Par le biais de la linguiste de texte, ou de discours, les linguistes ont été amenés à travailler de pair avec, en particulier, les sémiologues et les psychologues. Le résultat se présente sous la forme de modèles composites dont nous reparlerons en troisième partie.

2.2 Sémantique-sémiotique

On peut considérer que la linguistique fait partie d'un ensemble plus vaste, la sémiotique, ou science des signes, appelée parfois (bien que les deux termes ne se recouvrent pas exactement, "sémiologie"; cf Mounin, 1970, 7). Pour Greimas et Courtés (1979, 336), les deux termes désignent "la théorie du langage et ses applications à différents ensembles signifiants"; une telle définition remonterait à Saussure. Quant au concept de "sémantique", plusieurs en ont souligné l'ambiguïté: pour les uns (cf Wunderlich, 1972), la sémantique est à cheval sur le linguistique et le sémiotique, pour les autres (cf Bronckart, 1985), il s'agit d'un sous-ensemble des activités psychologiques.

On peut voir en Peirce le père de la sémiotique moderne. Pour lui, le signe suppose une relation triadique entre le "representamen", l'objet ou référent et "l'interprétant". Le "representamen" est "quelque chose qui tient lieu pour quelqu'un de quelque chose sous quelque rapport ou à quelque titre" (1978, 121); "l'interprétant" est le nouveau signe ainsi créé. Peirce ne parle pas en termes d'émetteur et de récepteur, mais en termes de signe et d'interprète. Pour Buhler (cf Pesot, 1979), le signe est également triadique et on peut le considérer sous trois rapports: pour l'émetteur, il est une expression ou un symptôme, pour le destinataire, il est un signal, pour la chose, il est une représentation ou un symbole.

Morris a contribué, par son **Foundations of the Theory of Signs** (1938), à systématiser la théorie de Peirce. Pour lui, il existe trois niveaux de sémiotique. Le premier niveau est sémantique: il s'intéresse aux relations entre les signes et les objets (ou entre les signes et leur interprétation). Le deuxième niveau est pragmatique: il veille aux relations entre les signes et leurs utilisateurs ou interprètes. Le dernier niveau est syntaxique: il correspond aux relations des signes entre eux.

Tout autre est la position de Saussure (1969) sur le signe. Ce linguiste genevois, que l'on reconnaît comme le fondateur de la linguistique générale, situe le signe linguistique, objet de son attention privilégiée, dans le cadre plus vaste de la sémiologie. Saussure exclut, à l'encontre de Peirce et de Morris, le référent, et ne parle que du signifiant et du signifié. Ils se rejoignent cependant sur le fait qu'il n'y a pas de pensée sans signe et sur le fait que, ce qui distingue un signe d'un autre, c'est ce qui le constitue.

Le saussurien le plus célèbre, Hjelmslev (1966), s'est fait connaître par son traitement des notions de signifiant et de signifié. Il les incorpore à des plans sémiotiques plus élevés: le signifiant entre dans le plan de l'expression, et le signifié, dans celui du contenu. Quant à Benveniste (1966), autre disciple, il distingue dans la

langue, contrairement à son maître, la double dimension suivante: en tant qu'elle signifie, elle est un système de signes, en tant qu'elle agit, elle relie au monde. C'est sur la première dimension, de type sémiotique, que se bâtit la seconde, de type sémantique.

Plus près de nous, on peut évoquer le système sémiotique de Greimas. Pour ce dernier, (cf Courtés, 1976) un texte donné est un ensemble signifiant, c'est-à-dire qu'il contient à la fois une forme linguistique (le signifiant) et une histoire racontée (le signifié), position, on le voit, près de celle de Hjelmslev. Si la linguistique s'est occupée du signifiant, il appartient à la sémiotique de s'occuper du signifié. Ainsi, dans l'étude de la composante sémantique, on distingue dans la substance du contenu, le niveau immanent ou profond (les sèmes) et le niveau de la manifestation, ou superficiel (les sémèmes et métasémèmes) (ex.: deux sèmes, "garçon" et "fille" constituent une catégorie sémique). Greimas a adapté à la sémiotique le carré logique des philosophes en procédant par antonymie et hyponymie; ce "carré sémiotique" (voir la figure 1) permet de décrire de façon synthétique une structure élémentaire de signification ou micro-univers sémantique.

On doit également à Greimas ce qu'il est convenu d'appeler la "théorie actantielle" ou schéma actantiel. Utilisé particulièrement dans la "grammaire de récit", il comporte six actants: 1) le destinateur (qui donne des ordres au sujet, au héros), 2) l'objet, 3) le bénéficiaire ou destinataire, 4) l'adjuvant, 5) le sujet et 6) l'opposant (voir la figure 2). Il existe un certain ordre, dans ce modèle: le sujet veut l'objet (relation de désir), trouve un adjuvant ou un opposant, atteint ou gagne un objet et le donne finalement au bénéficiaire (qui peut être lui-même). On peut également parler, le concernant, d'une relation de communication (contrat du destinateur au destinataire, à travers le sujet et l'objet), et d'une relation de lutte (adjuvant et opposant). C'est ainsi que les six pôles actantiels peuvent combiner trois types de relations. Ces relations peuvent être conjonctives ou disjonctives. Il s'agit d'une véritable syntaxe du récit où la jonction (soit conjonctive, soit disjonctive) peut-être paradigmatique ou syntagmatique. Greimas parle du récit non comme d'une unité narrative, mais comme d'une unité discursive où disjonction, contrat et épreuve constituent des syntagmes narratifs.

La sémiologie des années soixante-dix a vu surgir une série de travaux sur l'implicite discursif. Ainsi, pour Flahault (1978), qui oppose le langage à la réalité, dans une même langue, le même signifié réfère au même signifiant: il n'y a pas arbitraire des désignations. Il faut distinguer la valeur linguistique d'un mot de sa valeur discursive. Ce que le sujet naïf identifie à la réalité, ce n'est pas la langue, mais son discours à lui. Il arrive que la valeur discursive du mot reste masquée. Il y a, dit Flahault, un problème de référence du mot à l'univers sémiologique. On ne peut parler de pure perception, mais de

perception par désignation, autrement dit, par référence (qui renvoie soit à la situation, soit à un segment de l'énoncé). C'est dans l'univers sémiologique et non dans la réalité qu'il faut chercher le référent de base.

Reprenant Benveniste, Récanati (1979), pour sa part, croit que toute pensée, toute idée, toute sensation est un signe. Pour accéder à la chose représentée, on doit recourir au signe, mais pour accéder à ce que la chose représente, il faut oublier le signe: c'est le paradoxe de la présence-absence du signe. Le signe est donc opaque ou transparent, suivant qu'il cache la chose ou qu'il la découvre. Le signe n'existe qu'en autant qu'il entre dans une relation de signification. Cette relation est dyadique: considéré comme chose, le signe devient opaque et ne permet pas de voir l'objet derrière lui, mais en tant que "représentant" de la chose, il devient transparent. Dans le premier cas, on parle de "discours" (ce qui renvoie à la dimension pragmatique), et dans le second, de "langage" (ce qui abstrait la dimension pragmatique).

Kerbrat-Orecchioni (1980) préfère parler de transparence/opacité du signe en termes d'explicite/implicite. Pour elle, les contenus implicites ont un ancrage textuel direct, un signifiant spécifique, en plus d'un ancrage textuel implicite, comme dans le sous-entendu. Même division explicite/implicite chez Berrendonner (1981). Cependant, cet auteur distingue le signifié explicite des énoncés, qui est purement linguistique de leur signifié implicite, qui se manifeste hors énoncé, dans l'énonciation (c'est-à-dire l'événement de communication) et qui est extra-linguistique. Charaudeau (1983) parle de la compétence des locuteurs pour l'explicite, c'est-à-dire pour les activités d'abstraction, à laquelle s'ajoute une compétence pour l'implicite, c'est-à-dire pour les activités d'élucidation. L'explicite lui semble témoigner de l'activité structurelle du langage, l'implicite, de son activité sérielle, puisque tous les implicites n'existent pas en même temps. Pour cet auteur, c'est l'implicite qui commande l'explicite.

2.3 Pragmatique

La pragmatique est une jeune science qui a de la difficulté à définir son objet. Rappelons que Morris (1938) en fait l'une des trois branches de la sémiotique, avec la sémantique et la syntaxe: la pragmatique, dit-il, s'intéresse aux relations des signes avec leurs usagers, alors que la sémantique étudie les relations entre les signes et leurs objets, et la syntaxe, les relations formelles des signes entre eux. Selon d'autres auteurs, pragmatique et sémantique seraient interchangeables. Pour Levinson (1983), la difficulté vient de ce que le terme pragmatique recouvre à la fois les aspects de la structure de la langue dépendant du contexte et les principes de l'usage linguistique et de la compréhension, qui n'ont que peu à voir avec la structure linguistique. Dans une

tentative de regroupement de ces deux aspects, Levinson en vient à définir la pragmatique comme l'étude des relations entre la langue et le contexte qui sont grammaticalisées, c'est-à-dire encodées dans la structure linguistique. La pragmatique inclut donc, pour cet auteur, la déixis, les actes de parole et la linguistique, tout en excluant l'usage linguistique sans répercussion sur la grammaire, comme les implications conversationnelles, du moins généralement; elle inclut également les inférences et les présuppositions, ce qu'on ne retrouve pas dans la sémantique, de même que les caractéristiques culturelles de l'énoncé et les croyances des sujets.

On a jusqu'ici parlé de texte: en pragmatique, il faut employer le mot discours. Pour Beaugrande et Dressler (1980), un ensemble de textes concordants constitue un discours et la configuration de plusieurs discours concordants, dans une société donnée, l'univers du discours. Si le texte est un énoncé, le discours est une énonciation (voir Caron, 1983). La pragmatique permet de préciser le discours à cinq points de vue: par le contexte, par les inférences, par les actes de parole, par l'argumentation et par les marques idéologiques.

2.3.1 Contexte

Les chercheurs européens (cf Slama-Cazacu, 1956 et 1963) distinguent le contexte de la situation: pour eux, la situation a un sens non linguistique, et le contexte, un sens linguistique. Pour parler de situation, on doit généralement se référer à l'anthropologie linguistique et à l'ethno-méthodologie, recourir largement aux critères socio-culturels et psychologiques. Les sociolinguistes américains (Firth, 1957; Hymes, 1964; Levinson, 1983) énumèrent comme traits spécifiques du contexte les "participants", le topique, le cadre, le canal, le code (ex.: dialecte, niveau de langue) et la forme du message (ex.: le sermon, la lettre d'amour).

Les liens entre texte et contexte permettent d'établir les références. On doit à Halliday et Hasan (1976) la première énumération exhaustive des types de référence; grosso modo, il y en a deux, les références situationnelles et les références textuelles. Les premières sont dites exophores, et les secondes endophores. Les références endophores sont anaphoriques lorsqu'elles renvoient au texte qui précède et cataphoriques lorsqu'elles renvoient au texte qui suit. Au plan de l'utilisation de la langue, on peut mentionner les références personnelles (ex.: pronoms personnels, pronoms et adjectifs possessifs), démonstratives (ex.: pronoms démonstratifs, adverbes de temps et de lieu) et comparatives. Kerbrat-Orecchioni (1980) distingue quant à elle trois types de mécanismes référentiels: la référence absolue, la référence relative au contexte linguistique (que d'aucuns désignent sous le nom de co-texte), et la référence relative à la

situation de communication. Pour elle, la connotation constitue un aspect particulier de la référence et appartient à la parole, contrairement à la dénotation, qui est du domaine de la langue.

Au contexte se rattachent également les notions de cohérence et de cohésion. Pour Halliday et Hasan (1976), un texte est cohérent par rapport à la situation, au contexte, au registre, c'est-à-dire aux configurations sémantiques liées au contexte. Il est cohésif par rapport au co-texte. La cohésion s'exprime en partie par la grammaire et en partie par le vocabulaire: elle fait appel à la référence, à la substitution, à l'ellipse, à la réitération (cf les synonymes) et à la collocation (ou isotopie). Même position chez Beaugrande (1980) où la cohésion touche les éléments de surface, et la cohérence, la connectivité conceptuelle et les relations logiques. Brown et Yule (1983) vont également dans le même sens, mais en précisant que les relations sémantiques sous-jacentes créent également la cohésion. Combettes (in Francard, 1985) distingue deux types de cohérence. La première, la cohérence micro-structurelle, assure les liens entre les phrases par des procédés linguistiques tels la substitution, le temps des verbes, la répartition des thèmes et des rhèmes. La seconde, la cohérence macro-structurelle, est liée aux connaissances et aux croyances.

La déixis constitue une façon d'encoder le contexte. Les déictiques ou "shifters" sont une classe de mots dont la signification varie selon la situation. Lyons (1977) et Fillmore (1971 et 1975) ont développé une approche descriptive de la déixis, où l'on s'intéresse à la valeur détaillée de chacune des catégories suivantes: les déictiques de personne, où il y a encodage du rôle du participant dans le discours (ex.: la première personne est l'émetteur), les déictiques de lieu, qui prennent en charge la localisation des participants, et les déictiques de temps, qui étudient le temps de codage et le temps de réception. On peut ajouter à ces catégories les déictiques de discours ou de texte, où l'on fait référence à des protions de texte, et le déictique social, où l'on tient compte des distinctions sociales entre les participants.

2.3.2 Inférences

Les implications conversationnelles font partie des inférences pragmatiques. C'est à Grice (1975, 1981) qu'on en doit la définition. Les quatre maximes ou implications conversationnelles sont les suivantes: 1) la maxime de quantité (être assez informatif); 2) la maxime de qualité (dire la vérité); 3) la maxime de pertinence (ne pas s'éloigner du sujet); 4) la maxime de manière (être clair et ordonné). Ces maximes peuvent se résumer en une seule, appelé principe de coopération. Tour à tour, Flahault (1978), Caron (1983) et

Levinson (1983) ont commenté ces maximes, soit pour mentionner qu'elles ne fonctionnent que dans des situations idéales, soit pour dire que la maxime de pertinence est la plus importante, soit pour distinguer entre implications générales et implications particularisées.

Alors que les implications conversationnelles sont davantage basées sur le contexte, les présupposés et les sous-entendus, pour leur part, dépendent plutôt de la structure linguistique. On retrouve dans les travaux de Fillmore (1969) des règles sur les présuppositions. Les règles les plus connues sur le sujet émanent toutefois de Ducrot (1972,1978). La présupposition est pour Ducrot l'implicite linguistique, qu'il oppose à l'implicite discursif, basé sur l'énoncé et l'énonciation. Le présupposé est l'élément sémantique commun à un énoncé A et à ses formes interrogative et négative. Le sous-entendu est parfois présent dans l'énoncé, mais pas dans la phrase (ex.: Pierre a cessé de fumer: présupposé = il a déjà fumé; sous-entendu = avec du courage, on y arrive).

2.3.3 Actes de parole

Pour reprendre une analyse de Récanati (1979), les actes de parole (ou actes de langage) permettent de voir qu'il existe deux fonctions du langage, une fonction cognitive ou représentative, et une fonction non cognitive, instrumentale et expressive. Les actes de parole ont été décrits par Austin (1962) et systématisés par Searle (1969). Ces auteurs postulent l'existence de trois types d'actes de parole, qui impliquent différents types de performance: 1) l'acte locutoire indique ce que nous faisons en disant quelque chose; 2) l'acte illocutoire a une valeur conventionnelle (ex.: commander, informer, avertir) et dépend de l'intention du locuteur; 3) l'acte perlocutoire désigne ce que nous accomplissons par le fait de dire une chose (ex.: convaincre, persuader, empêcher). Flahault (1978), Kerbrat-Orecchioni (1980) et Berrendonner (1981) reprennent cette typologie. Pour ce dernier, c'est dans la valeur implicite de l'énonciation que se situe l'illocutoire. Quant à Bach et Harnish (1982), ils distinguent divers types d'illocutoires communicatifs tels les constatifs (assertifs, prédictifs, descriptifs), les directifs, (requêtes, questions), les commissifs (ex.: promesses, offres), les remerciements.

2.3.4 Argumentation

Qui dit actes de parole dit opérateurs discursifs. C'est à Benveniste que l'on doit d'avoir remarqué que beaucoup d'actes d'énonciation ont une fonction argumentative: ils visent à mener le destinataire à une certaine conclusion ou à l'en détourner. Cette fonction argumentative s'inscrit par des marques dans la phrase (cf les connecteurs et les

opérateurs discursifs). Ducrot (1980) a parlé de classes argumentatives et d'échelle argumentative (arguments forts ou faibles); il a également étudié le rôle de certains connecteurs tels le "mais", le "puisque" et le "bien sûr". Ce type d'analyse a été repris chez Caron (1983), qui l'a complétée par celle des syllogismes.

2.3.5 Idéologie

Plusieurs linguistes et sémioticiens se sont posé la question des rapports entre l'idéologie et le discours. Pour Pêcheux et Fuchs (1975), le discursif est l'un des éléments matériels de l'idéologie. Dans sa théorie sur l'effet esthétique, Iser (1976) se penche sur l'effet de texte en opposant ce terme à celui de signification et en déplaçant la perspective du côté du récepteur de texte. Pour lui, le texte de fiction contient des "conventions" et des "procédures" qui lui permettent d'établir une "situation" entre lui et le lecteur, d'où une structuration d'autant plus forte que l'action sur le destinataire est moins contrôlable. Pour établir une "situation", il faut un "répertoire", c'est-à-dire un ensemble de conventions relatives à des normes socio-historiques et littéraires. Kerbrat-Orecchioni (1977), pour sa part, évoque l'idéologie par le biais de la connotation. La connotation d'un concept, c'est sa compréhension, c'est, par opposition à la dénotation, l'ensemble des traits non strictement définitionnels. Pour elle, seules certaines connotations sont idéologiques: les valeurs axiologiques (évaluatives), stylistiques (ex.: les calembours), les euphémismes connotés (ex.: les pays "en voie de développement"), les connotations associatives renvoyant à un système de stéréotypes collectifs (ex.: le code de l'amour) et les connotations symboliques (ex.: la "moisson" et l' "abondance"). Mentionnons enfin que Reboul (1980) reconnait six fonctions au discours idéologique : il est référentiel, expressif, incitatif, poétique, phatique et méta-linguistique, ce qui correspond bien aux fonctions de Jacobson.

3. Sujet lecteur et psychologie cognitive

La contribution spécifique de la psychologie cognitive à la compréhension en lecture concerne l'étude du système cognitif de l'être humain au plan du processus, et également l'étude des structures du savoir (ou de leur organisation). Il est évident que pareil champ d'étude ne peut s'explorer qu'en recourant à l'input et à l'output, soit aux connaissances verbales présentées à l'individu et à celles qu'il restitue de façon formelle ou informelle. Les cognitivistes, à tous les moments de leur démarche relative à la compréhension de texte sont donc amenés à manipuler des concepts issus des sciences du langage. Cette démarche particulière pose le problème des relations langue-pensée.

Soulignons enfin que les cognitivistes, et c'est tout à leur honneur, ont été les premiers à poser le problème de l'intégration des habiletés de divers ordres dans la compréhension en lecture et à proposer des modèles complexes, ce à quoi nous nous attarderons en quatrième partie.

3.1 Rapports langue et pensée

La compréhension est un processus intellectuel, mais est-elle nécessairement un processus linguistique? On peut dire que, généralement, les activités intellectuelles d'un haut niveau d'abstraction recourent au langage. Mentionnons là-dessus les prises de positions célèbres de Vygotsky, Piaget et Chomsky.

La théorie de Vygotsky, telle qu'exposée dans **La pensée et le langage** (1938), a trait à l'utilisation du langage comme instrument dans le développement de l'intellect. Pour Vygotsky, l'analyse de la pensée et du langage est unitaire: on ne peut analyser l'une sans l'autre, ce qui sauvegarde l'unité de la personne humaine. Son premier objet d'étude est le sens du mot, un composé qui réunit les aspects majeurs de la pensée et du langage. Il croit que la pensée survient par intériorisation de l'action, et surtout, par l'intériorisation du dialogue externe. Vygotsky insiste sur le milieu et la situation sociale: ceux-ci peuvent jouer tout autant que l'âge sur le développement de la pensée. La formation des concepts commencerait très tôt durant l'enfance, mais les fonctions intellectuelles qui en assurent la base psychologique mûriraient et se développeraient seulement à la puberté: on passerait ainsi de la pensée syncrétique à la pensée complexe et objective, puis à la pensée abstraite. L'émergence du concept "réel" et scientifique (différent du concept spontané) de cette troisième phase présupposerait le développement de plusieurs fonctions intellectuelles (ex.: l'attention délibérée, la mémoire logique, l'habileté à comparer et à différencier), ce que peut permettre l'apprentissage systématique assuré par l'école. Il souligne que l'accès à la discipline formelle du langage, comme par exemple la grammaire, accélère le processus d'apprentissage.

Piaget, quant à lui, a développé, au cours d'une cinquantaine d'années de recherches, une théorie sur le développement de la pensée, la théorie de l'intelligence opératoire. Pour lui, la connaissance, loin d'être statique, se développe selon les actions du sujet et la coordination de ses actions sous forme de schèmes; le sujet qui comprend "opère", c'est-à-dire qu'il transforme et assimile le réel. Nous n'héritons pas de structures cognitives: nous les construisons de façon ordonnée, en consolidant chaque palier, au fur et à mesure, grâce à la maturation nerveuse, à l'expérience, à la transmission sociale, et surtout, à "l'équilibrage". Les stades de développement de l'intelligence selon Piaget sont trop connus pour qu'on y revienne. Ce qui est important pour notre propos est le

point suivant: il découle de cette théorie que la capacité d'apprentissage d'un sujet et sa compréhension des concepts dépendent de la capacité d'assimilation de ses schèmes de pensée.

Lors de son célèbre débat avec Chomsky, en 1975, Piaget a affirmé que, pour lui, le langage est une condition nécessaire pour la "condensation symbolique" et le "réglage social" qu'il assure, mais une condition non suffisante pour l'élaboration des opérations logiques. Piaget s'oppose à l'innéisme des structures (ex.: sujet, prédicat, relation...) que Chomsky appelle "noyau fixe", mais il croit à l'innéité des points de départ et au caractère endogène des constructions logiques. Ce qu'on peut inférer de la théorie de Piaget, c'est que le niveau opératoire joue sur la capacité d'apprentissage du sujet, sur son niveau de compréhension des concepts, sur l'encodage efficace des informations pour fins de mémorisation, sur l'intégration des connaissances anciennes et nouvelles et sur leur généralisation. Pour certains néo-piagétiens (cf Lefebvre-Pinard, 1979), le développement cognitif s'étale sur l'ensemble de la vie; ils parlent de "conception contextuelle" du développement cognitif, où l'individu doit s'adapter constamment à un univers changeant et où il y a interaction bi-directionnelle constante entre les structures des sujets et les caractéristiques des objets.

Comme Piaget, Chomsky ne s'est intéressé qu'accessoirement aux relations entre la langue et la pensée. Pour lui, il se révèle impossible de faire une nette distinction entre les composantes linguistiques et non linguistiques de la connaissance: le langage résulterait de l'action de plusieurs facultés mentales. Pour lui, un des problèmes particuliers à l'étude du langage réside dans le fait que les données expérimentales ne se rapportent qu'à la performance et, de ce fait, analysent bien indirectement la nature de la compétence linguistique. En outre, plus on introduit, dans une phrase, de quantificateurs, d'éléments logiques, d'anaphores..., plus sa signification change et dépend des transformations, car la signification est directement extraite de la structure de surface. Il indique ne pas connaître de façons de rendre compte de l'acquisition des concepts et suppose donc qu'ils sont déterminés de manière innée.

3.2 Système cognitif

3.2.1 Mémoire

On sait, depuis les années cinquante, que la mémoire est "un système multifactoriel qui sépare l'apprentissage des faits de l'apprentissage d'habiletés" (Chabot, 1984, 42). Les faits se mémorisent rapidement, mais peuvent aussi s'oublier

rapidement, alors que les habiletés, parce qu'elles requièrent une certaine pratique, se désapprennent difficilement. Alors que, il y a trente ans, on émettait encore des hypothèses sur la nature soit électrique soit biochimique de la mémoire, on concilie aujourd'hui les deux théories.

Types de mémoire

On parle généralement de mémoire "épisodique" et de mémoire "sémantique". Suivant Quilian (1968), la mémoire sémantique est un réseau associatif constitué de mots, réseau destiné à représenter la signification des phrases, ainsi que les connaissances utilisées dans leur compréhension. À l'opposé, Schank (1976) a développé un modèle de mémoire indépendant de la langue. Pour lui, la mémoire conceptuelle ne fonctionne pas avec des mots, mais avec un réseau de concepts associés: c'est cette mémoire conceptuelle qui est la vraie mémoire sémantique. Il ajoute même que cette mémoire n'est pas différente de la mémoire épisodique, qui est basée sur les connaissances issues de l'expérience personnelle: en effet, les concepts ne s'acquièrent que par expérience individuelle. La mémoire épisodique serait une série de conceptualisations liées par des liens causatifs et temporels en séquences épisodiques.

Pour Tulving (1976), mémoire épisodique et mémoire sémantique sont deux systèmes mnémoniques nettement séparées. La mémoire épisodique s'occupe du storage et de la récupération de l'information portant sur des opérations particulières et concrètes localisées dans un espace et un temps personnels, alors que la mémoire sémantique, qui veille à la rétention et à l'utilisation d'une connaissance générale et abstraite, est indépendante de l'espace, du temps et du langage. Les expériences de cet auteur se basent sur des essais de rétention de listes de mots non reliés entre eux; elles lui ont prouvé qu'un sujet peut, suivant la tâche, modifier ses connexions associatives, et que, de plus, un indice n'est efficace, dans la récupération de l'information, que s'il a été stocké en même temps que celui-ci.

Ehrlich (1976, 35) désigne sous le nom de "système sémantique" "l'ensemble des connaissances du sujet relatives aux objets, événements, actions, qualités (...) relatives aux propriétés des objets et événements: usage, caractéristiques physiques (...); relatives enfin aux relations (établies ou possibles) entre plusieurs objets ou entre plusieurs propriétés. Les connaissances fixes et stabilisées des sujets forment la mémoire permanente. Ces connaissances ont des propriétés structurales et fonctionnelles. En 1982, Ehrlich ajoute qu'elles sont marquées dans la mémoire sous forme de concepts. En plus de ces structures sémantiques permanentes, il existe des structures sémantiques circonstancielles. C'est lorsque les structures circonstancielles deviennent permanentes

que l'on peut parler d'apprentissage. Le concept, pour Ehrlich (1982), possède un contenu informatif et une fonction relationnelle (i.e. une possibilité combinatoire avec d'autres concepts). Suivant qu'on est au niveau de la mémoire permanente ou au niveau de la mémoire de travail, on définit différemment les combinaisons conceptuelles: en mémoire permanente, elles sont effectives, alors qu'en mémoire de travail, elles sont potentielles.

On doit à Collins et Quilian (1969) les premiers travaux importants sur la distance sémantique. Ils ont fait vérifier par des sujets des phrases où il y avait surordination. La phrase "Un canari est un oiseau" a été vérifiée plus vite que "Un canari est un animal", ce qui leur a permis de conclure que c'est le temps de réponse, ou latence, qui permet de vérifier la distance sémantique.

Barclay et Jahn (1976) ont mis en lumière, par leurs expériences, la façon dont la variabilité de la distance sémantique permet d'expliquer la structure de la mémoire sémantique. La distance sémantique indique dans quelle mesure deux items lexicaux sont similaires quant à leur signification: ainsi "homme" et "garçon" sont plus près l'un de l'autre que "homme" et "maison". Pour représenter la mémoire sémantique, on utilise un modèle à réseau où chaque mot est représenté par un noeud d'où partent des réseaux vers d'autres noeuds. Ils complètent Collins et Quilian en parlant de "traits" définissant les sous-ensembles ou les super-ensembles de concepts.

Fonctionnement mémoriel

On sait que la profondeur du traitement sémantique influence la qualité du rappel. On peut parler de niveaux de traitement de la mémoire. On va alors examiner, dit Wood (1976, 144): "si le traitement a pour résultat l'activation des représentations d'un item ou l'activation de la représentation plus une liaison de représentations, ou l'activation de liaisons surordonnées des représentations, ou une liaison thématique de représentations". Wood étudie les conséquences mnémoniques de ces diverses tâches de traitement sémantique. Ainsi, il a prouvé qu'on se rappelle davantage un mot s'il a une signification agréable pour soi. Le nombre de significations d'un item ne jouerait pas dans sa facilité de rappel. Les sujets ont tendance à organiser leur rappel, mais certains sont plus doués que d'autres pour ce faire.

Oléron (1976), pour sa part, a étudié la mémorisation de textes en fonction de leur redondance. Elle en conclut que la mémorisation intentionnelle est meilleure que la mémorisation spontanée. Dans un texte normal, le sujet opère une sélection des

éléments pivots et ce sont eux qu'il retient de préférence. Il est plus facile pour le sujet de se rappeler un texte intégral que de se rappeler un texte abrégé, à cause de sa redondance.

C'est également le rappel qui intéresse Le Taillanter (1976), selon laquelle on apprendrait les items par liste, en référence à un item-clé, par un processus d'organisation subjective. Les indices-clés de stockage serviraient également lors de la récupération. Le choix du référent-clé est déterminé soit par l'organisation permanente de la mémoire (la valeur associative de l'item au référent), soit par la situation expérimentale spécifique (le contexte).

On dispose également de recherches (cf Kintsch, 1970; Tiberghien, 1976) distinguant la reconnaissance du rappel. Le rappel serait défini par l'existence d'une activité de recherche en mémoire, recherche dépendante de l'organisation, formelle ou sémantique, provisoire ou permanente, du système de traces mnésiques. La reconnaissance, au contraire, ne comporterait pas une telle activité de recherche: on ne ferait que juger de la familiarité d'une situation. Il est difficile, ceci dit, de distinguer les situations de rappel libre des situations de reconnaissance. Peut-être, dit Tiberghien, faut-il chercher la distinction du côté de l'utilisation du contexte. En effet, dans la reconnaissance, la recherche mnésique porte toujours sur le contexte, ce qui n'est pas toujours le cas dans le rappel libre.

Nous avons jusqu'ici surtout parlé de la mémoire épisodique. Pour Dubois (1976), qui a analysé plusieurs théories de la mémorisation, le stockage à long terme se fait à partir d'une information déjà interprétée, donc significative pour l'individu. On couple de plus en plus mémorisation et compréhension, celle-ci étant définie comme un ensemble d'activités permettant d'analyser les informations reçues en termes des classes d'équivalences fonctionnelles où l'on met en relation les informations nouvelles et celles stockées en mémoire.

Jusqu'aux années soixante-dix, il existait peu de recherches sur les effets de l'organisation d'un texte sur la mémoire. Meyer (1975) a beaucoup étudié ce sujet. Pour elle, les variables qui ont de l'influence sur le rappel sont de deux types: l'organisation des idées dans un passage, c'est-à-dire la structure de contenu, et l'emphase mise sur certaines informations par l'auteur. D'après elle, plus l'information est haut placée dans la hiérarchie, mieux elle est retenue. Cela s'explique par la répétition de ces informations, qui constituent les idées principales, par l'ombre qu'elles projettent sur les idées secondaires, par leur plus grande accessibilité en mémoire et par le fait qu'elles sont stockées en mémoire à long terme plus souvent que les autres.

Beaugrande (1982), pour sa part, émet l'hypothèse que la lecture requiert un double emmagasinage du texte, à la fois rétrospectif et prospectif, d'où l'existence de divers types de mémoires. Ainsi, la mémoire sensorielle se spécialise dans la perception des lettres et des mots, la mémoire à court terme, dans l'organisation syntaxique et dans les groupes peu étendus de concepts, la mémoire à long terme, dans les idées et les buts. Il va de soi que cette classification n'est pas absolue.

3.3 Structures du savoir

La compréhension est basée non seulement sur les connaissances linguistiques, mais également sur la connaissance du monde en général. Il peut arriver que les connaissances antérieures puissent constituer un pré-requis sémantique à la compréhension. Le contexte a un effet marqué sur la mémoire, mais on peut se rappeler des choses que l'on ne comprend pas, de même qu'on peut se rappeler un texte sans contexte. Plus le contexte est familier, meilleure est la compréhension du sujet et meilleure est la mémorisation (cf Fillmore et Langendoen, cités dans Bransford et Johnson, 1973). Ce qui est compris dans le message dépend souvent de l'activation du contexte sémantique. Il faut donc mettre en relation l'information traitée en tant qu'input et les connaissances générales du sujet lecteur.

La mémoire peut exclure l'information linguistique si le traitement a touché la structure profonde des énoncés. Ainsi, on peut parler de l'intégration de plusieurs idées sous une forme générale et retenue en mémoire, ce que Vigner (1979) appelle la lecture "délinéarisée". Le sujet utilise ce qu'il sait pour interpréter et cette interprétation change ce qu'il sait: c'est un processus à boucle. L'input peut être relié aux connaissances du sujet de deux façons: il peut être jugé vrai ou faux, ce qui n'altère pas les structures de connaissance du sujet, ou encore, il peut être considéré comme une information supplémentaire et modifier alors les structures de connaissance du sujet.

Bloom (1956), le père des taxonomies d'objectifs, a sans doute été le premier a parler de hiérarchies de catégories cognitives; il a même précisé les opérations cognitives reliées à chaque catégorie. Pour lui, le niveau le plus bas de fonctionnement cognitif inclut les comportements qui mettent l'accent sur le souvenir des éléments matériels ou des idées, soit par la reconnaissance, soit par le rappel: c'est le "par coeur", la mémoire de routine. Le deuxième niveau de fonctionnement cognitif inclut les objectifs, les comportements et les réponses qui représentent la compréhension d'un message littéral. Le troisième niveau implique l'habileté à opérer des généralisations, à utiliser des abstractions. Au quatrième niveau, on utilise les éléments constitutifs de la

communication pour clarifier la hiérarchie des idées. La synthèse s'opère au cinquième niveau.

Les psychologues néo-cognitivistes de l'apprentissage ont beaucoup parlé des différents types de savoir en général et de leur mode d'organisation. Ce qu'ils en disent pourrait, mutatis mutandis, s'appliquer à la lecture. Ainsi en est-il des théories de Gagné et de Ausubel. Gagné (1965) parle de divers types de savoir humain, qui vont du spécifique et concret au général et abstrait. Selon cette hiérarchie, le type le plus simple d'acquisition de connaissances serait l'établissement d'un lien entre un stimulus et une réponse. Puis viendraient les liens entre les paires de stimulus-réponse et, grâce à une réponse médiatisée à un stimulus différé, l'apprentissage d'un concept. On peut relier deux concepts ou plus en une règle. Dans la résolution de problème, qui est le type d'apprentissage le plus élevé, on peut combiner les règles.

On doit à Ausubel (1965) le concept de "advance organizer", que j'aurais tendance à traduire par "structurant" ou "concept organisateur". Selon lui, la structure cognitive d'un sujet quant à un domaine spécifique de la connaissance est un ensemble de "traces" conceptuelles hiérarchiquement organisées. Lors de l'apprentissage, il y a formation, en vertu de la relation entre le texte (ou la parole d'un maître, par exemple) et les concepts de la structure cognitive, d'un sous-système conceptuel catégorisé et intégré dans le système conceptuel existant et les concepts de la structure cognitive. Ausubel a travaillé sur des textes de type informatif. Il parle d'un processus de différenciation de l'information en catégories d'une plus ou moins grande capacité d'inclusion et reliées entre elles. Ainsi, quand le savoir pénètre dans le champ cognitif, il est analysé à divers niveaux, dont celui de la relation entre les concepts, celui des concepts généraux et celui des concepts spécifiques.

C'est en contribuant, depuis une vingtaine d'années, à l'élaboration de modèles théoriques de l'intelligence artificielle (à savoir les frames, schémas, plans et scripts) que les psychologues cognitivistes ont le plus souvent éclairé la compréhension du langage. Selon Dresher et Hornstein (1976), les buts d'une telle recherche sont d'expliquer comment les gens apprennent leur langue naturelle, ou encore, de voir selon quels principes ils se construisent une grammaire. Van Dijk (1982), pour sa part, regroupe les travaux sur l'intelligence artificielle avec ceux issus de la psychologie cognitive. Il mentionne que c'est sous l'influence de la linguistique que l'on y parle de représentations structurales d'unités permettant de voir l'organisation du savoir. Pour Van Dijk, ce travaux visent à montrer comment se forme la représentation du discours, quelles en sont les étapes, et quelles structures de connaissance sont utilisées durant la compréhension. Pareils travaux devraient nous conduire à un modèle stratégique

d'opération facile sur différents types d'information (textuelle ou contextuelle, connaissances ou croyances), modèle orienté vers un but et dépendant de mobiles cognitifs et d'intérêts individuels différents. Selon Van Dijk, ces travaux doivent également tenir compte de modèles plus globaux de la compréhension, modèles que nous évoquerons maintenant.

4. Modèles intégrés des compétences en lecture

Ce que nous avons dit des sciences du langage et de la psychologie cognitive nous permet sans doute de définir un peu mieux le phénomène langagier. Comme le rappelle Bronckart (1985, 51), celui-ci a deux fonctions, une fonction de représentation et une fonction de communication. La fonction de représentation est évidente: les signes reproduisent des objets, des actions et des concepts (c'est une propriété référentielle). Alors que la fonction de représentation est individuelle, la fonction de communication est sociale: on parle alors d'une action langagière entre interlocuteurs dans un contexte précis. De nombreux termes apparus jusqu'à maintenant tant dans les sciences du langage qu'en psychologie, tels ceux d'expression, de cognition, de régulation, de codage, de structuration, ne sont en fait que des conséquences des deux fonctions que nous venons d'évoquer. Avec l'évolution de la linguistique et de la psychologie cognitive, ce qui était auparavant le domaine spécifique de chacun, à savoir l'analyse des structures dans un cas et l'analyse des fonctions dans l'autre, a tendu à se fusionner.

Parler de la compréhension de texte dans une perspective intégrative de ces disciplines pose toutefois un double problème, épistémologique d'abord, technique ensuite. Au plan épistémologique, on peut dire que l'objet d'étude, à savoir la langue, n'a pas le même statut dans les deux disciplines: en psychologie, la langue est une sous-classe dans la classe générale des phénomènes de communication, alors qu'en linguistique, elle constitue l'objet premier d'étude, lui-même subdivisé en sous-classes. Au plan technique, il est difficile de représenter un modèle de compréhension de texte qui fasse un va-et-vient constant entre structures profondes et de surface, entre analyses de bas et de haut niveau entre caractéristiques du texte et possibilités du lecteur.

4.1 Notion de modèle

Les modèles ont généralement comme but d'expliquer, ou du moins de faire visualiser, la nature complexe d'un phénomène. Dans un article daté de 1972, Geyer analyse jusqu'à quarante-huit modèles du processus de lecture. Dans une recherche de 1981, Beaugrande propose un ensemble de seize critères d'évaluation des modèles de

lecture: on y retrouve, entre autres, les contributions du lecteur (attentes, connaissances mémorisées), le stockage en mémoire, le degré d'utilisation du matériel par le lecteur. Dans la littérature anglo-saxonne, il est courant, depuis une quinzaine d'années, de parler de modèles "top-down" et "bottom-up", ou encore, selon la traduction de Deschênes (1988), de modèles "dirigés par les concepts" et de ceux "dirigés par les données". Je préfère, pour ma part, traduire littéralement par "sommet-base" et "base-sommet". Dans un modèle sommet-base, le lecteur n'analyse pas toutes les composantes du texte, mais formule des hypothèses à leur sujet et les adopte ou les rejette chemin faisant. Dans un modèle base-sommet, le lecteur recourt à des données linguistiques plus ou moins complexes selon son expérience. En réalité, comme le rappelle Rumelhart (1976), en lecture, il y a interaction constante entre ces deux types de fonctionnement.

4.2 Modèles issus de la grammaire de discours et de récit

Psychologues et sémioticiens s'intéressent depuis longtemps au discours sous forme de récit. Selon Kintsch et Van Dijk (in Dressler, 1978, 51), le premier ouvrage qui traite du sujet est celui de Bartlett, Remembering, sur le rappel d'une histoire amérindienne, daté de 1932. Ce n'est qu'au début des années soixante-dix, toutefois, que les psychologues se sont intéressés systématiquement aux propriétés cognitives du discours (ex.: Freedle et Carroll, 1972). Les travaux sur la question tiennent généralement compte des microstructures et des macrostructures, ce qui est une façon de s'appuyer sur ressources du système cognitif, spécialement la mémoire et les structures du savoir.

Grammaires générales du discours

Les microstructures d'un texte sont les mots, les syntagmes, les propositions et les phrases. On les découvre grâce à l'analyse propositionnelle et à l'analyse des acquis du savoir. Frederiksen (1975, 1978, 1981) a grandement contribué à l'analyse des microstructures. Il existe pour lui deux classes de concepts, les objets et les actions (événements). S'il s'agit d'un objet, il faut se demander quels renseignements on possède à son sujet, s'il s'agit d'une action, il faut savoir si elle est terminée ou en cours. Comme Frederiksen, Meyer (1975) veut analyser les similarités et les différences entre les microstructures d'un texte et ce dont un lecteur peut se rappeler et comme lui également, elle est tributaire des relations de cas et des relations attributives de Fillmore (1968) (ex.: "cas agentif" chez Frederiksen et "rôle d'agent" chez Meyer). Kintsch (1975, 1977, 1978, 1985), pour sa part, parle d'un ensemble ordonné de propositions constituant la "base de

texte": celle-ci peut être implicite ou explicite, selon la nature des propositions. Ces propositions sont soit des prédicats, soit des arguments, dont on se rappelle différemment, selon leur nature: ainsi, en phrase déclarative affirmative, on se souviendrait mieux de l'agent que de l'objet. Van Dijk (1980) a beaucoup travaillé avec Kintsch à l'élaboration de modèles avec microstructures et macrostructures.

Les microstructures d'un texte sont intimement liées à ses macrostructures. Certains indices, selon Kintsch et Van Dijk, permettent au lecteur de créer ses propres macrostructures (ex.: séparation en paragraphes, macroconnecteurs). On peut également évoquer des règles de formation de macropropositions. Il y a d'abord une règle d'effacement des propositions accidentelles, des présuppositions et des redondances. Mentionnons ensuite une règle de généralisation: au lieu d'écrire un terme spécifique, on lui préfère un terme générique. Il existe finalement une règle de construction qui ressemble à la précédente, mais qui permet de résumer une séquence d'actions ou d'événements en introduisant un nom qui y réfère comme un tout. En plus de ces macrorègles sémantiques générales, il faut aussi parler de règles conventionnelles contenues dans une théorie de la structure du récit; certains auteurs préfèrent alors parler de superstructure, ce qui est une notion recoupant l'anthropologie, la sémiotique et la littérature. Les macropropositions permettent de déboucher sur le topique de discours, appelé aussi thème. Les deux auteurs emploient parfois le terme "schéma" pour désigner la représentation formelle des buts du lecteur, buts contrôlant à leur tour la formation des macropropositions.

Pour Meyer, déjà mentionnée, la "hauteur" ou superordination de l'information dans la structure hiérarchique, influence le rappel. Plus l'information est haut placé, mieux elle est retenue, indépendamment des caractéristiques du contenu: cela s'explique du fait que cette information est répétée plus souvent et que les indices permettant d'y accéder en mémoire sont plus nombreux. Selon Meyer et Rice (1982), on peut dénombrer cinq groupes de relations logiques dans un texte: 1) les relations de collection, où les idées et les événements sont reliés selon un fil directeur, 2) les relations causales, ou de co-variance, où une idée est l'antécédent d'une autre, 3) la relation de problème à solution, ou de remarque à réplique, de question à réponse, où il y a chevauchement topique, 4) la relation de comparaison, où l'on examine la ressemblance entre divers topiques, 5) la description, où l'on donne les attributs spécifiques du topique.

On pourrait également évoquer, dans la foulée des travaux sur la macrostructure, les apports de Petofi (1975) et de Brown et Yule (1983) à la compréhension du "topique" du discours, une "vieille" notion héritée de Hockett (1958). Il faudrait également parler de l'étude des "éléments-clés" d'un texte entreprise par Vézin et Vézin, particulièrement à partir du résumé. La notion de macrostructure a inspiré un nombre incalculable de

chercheurs de diverses disciplines.

Grammaires de récit

Les grammaires de récit constituent un cas particulier de la grammaire de discours. En Europe, les travaux sur le récit sont surtout le fait de sémioticiens, qui font, comme le dit Adam (1984, 3) de la "narratologie". Le texte fondateur est le célèbre **Morphologie du conte** de Propp (1928), où l'auteur analyse les fonctions des personnages. Selon Adam, on peut diviser en deux tendances les recherches russes sur le récit. La première regroupe Propp et Tomachevski et postule que la meilleure analyse se réfère au contenu immanent du texte. La seconde est plutôt externe et s'intéresse plutôt à l'inscription du sujet dans le discours: Bakhtine et Medvédev l'ont illustrée particulièrement. Greimas, Bremond, Barthes et Todorov se situent dans la lignée de Propp, alors que Genette et, jusqu'à un certain point Labov, tiennent compte des deux tendances.

Greimas (1983) a constitué autour de lui une véritable école, l'école sémiotique de Paris. On lui doit le "schéma actantiel" et le "carré sémiotique" dont j'ai parlé en 2.2. Bremond (1973), quant à lui, conserve quasi intégralement la chronologie des fonctions de Propp. Il le complète en mentionnant qu'à tout moment, le récit peut bifurquer dans toutes les directions possibles: on dit alors que l'action se développe selon la triade "virtualité", "passage ou non à l'acte" et "achèvement ou non de l'acte", ce qui constitue "l'itinéraire narratif". Quant à Barthes (1966), il propose de distinguer dans l'oeuvre narrative trois niveaux de description: le niveau des fonctions, celui des actants et celui de la narration. Pour lui, il existe deux types de fonctions: les fonctions cardinales, ou noyaux, qui constituent les charnières d'un récit, et les fonctions catalyses, qui remplissent l'espace narratif entre deux charnières. Barthes pose également le problème de la place du sujet dans la matrice actancielle. Il discerne trois types de conception sur le "donateur du récit": 1) le récit est émis par un "je"; 2) le récit est émis par une conscience totale impersonnelle, extérieure aux personnages dont elle sait tout; 3) le récit est limité à ce qu'observent ou savent les personnages. Todorov (1966), lui, oppose l'histoire et le discours: l'histoire, ou fable, se concrétise en personnages en événements, alors que le discours fait état d'un narrateur qui raconte et d'un lecteur qui reçoit. Todorov sépare les procédés du discours en trois groupes : 1) le temps du récit (temps linéaire pour le discours et pluri-dimensionnel pour l'histoire), 2) les aspects du récit (selon lesquels le narrateur est soit plus important que le personnage, soit égal à lui, soit son supérieur) et 3) les modes du récit (objectif ou subjectif).

Genette (1966), on l'a dit, a essayé d'intégrer les héritages contradictoires des formalistes russes. Ainsi, il oppose l'ordre textuel d'apparition des événements que constitue le récit à la succession chronologique et causale des événements que constitue l'histoire. Il étudie également les limites respectives de la narration et de la description. Pour ce qui est de Labov, ses travaux sont surtout basés sur l'énonciation orale. Avec Waletzky (1972, 1977), il a élaboré un modèle de séquence narrative en cinq points, à savoir l'orientation, la complication, l'action ou évaluation, la résolution et la conclusion ou morale. Ils parlent d'ajustement entre énonciateur et énonciataire, dans une perspective dialogique. Il faudrait joindre à ces travaux ceux de Mandler et Johnson (1977, 1980), qui parlent d'un "schéma d'encodage" qui fournit un cadre général, aide à prédire, souligne les points importants, et d'un "schéma de récupération" qui restructure parfois l'information. Dans le schéma, disent-ils, les noeuds terminaux représentent généralement un état ou un événement et correspondent directement à une expression de surface; au-dessus d'eux se trouvent les noeuds fondamentaux (ex.: l'épisode), qui permettent de structurer le rappel. On ne peut enfin passer sous silence, au chapitre des grammaires américaines de récit, les travaux de Rumelhart (1977) et Thorndyke (1977), chez lesquels les diagrammes du récit sont présentés sous forme propositionnelle, non plus que ceux de Black et Bower (1980), qui examinent les capacités des grammaires de récit comme grammaires formelles et leur validité comme théorie de la mémorisation.

4.3 Modèles issus de l'intelligence artificielle

C'est le programme SHRDLU de Winograd (1972) qui, le premier, a mis en évidence le fait que l'ordinateur pouvait avoir son utilité dans la compréhension du langage. Ce programme a une composante syntaxique qui tient compte de la grammaire de l'anglais, une composante sémantique qui permet d'interpréter le sens des mots et des structures, et enfin, un système de déduction cognitive qui explore les conséquences des faits, trouve des réponses à des questions. L'intérêt de ce modèle vient de l'interaction des composantes.

On parle souvent, en intelligence artificielle de "frame". Il s'agit, dit Minsky (1974), son auteur, d'une théorie partielle sur la pensée qui tente de fournir un "cadre" aux travaux sur la compréhension en allant plus loin que les buts particuliers des disciplines. Les "frames" sont les structures des données emmagasinées en mémoire et qui représentent des situations stéréotypées; ils encodent à la fois l'information syntaxique et sémantique. Les situations stéréotypées ont deux niveaux: une partie supérieure immuable, représentant les parties du stéréotype qui sont toujours vraies, et une partie inférieure qui est de nature variable. La théorie du "frame" a influencé d'autres chercheurs, dont Charniak (1975), Hayes (1979) et Wilks (1979), qui y voient un

moyen d'emmagasiner systématiquement des données, et aussi de les récupérer systématiquement.

Depuis 1972, Schank développe des modèles de représentation du sens qui insistent sur les dépendances conceptuelles. Pour lui, le rôle de la syntaxe comme support du sens est marginal: il ne fournirait que quelques indices. Dans ses "diagrammes en C", qui constituent un réseau de dépendances conceptuelles, il fait entrer des éléments de natures et niveaux divers, qui sont tous, pour lui, des concepts: unités lexicales, relations grammaticales, informations sur les sous-catégorisations, mélange de connaissances et croyances. En plus de la mémoire sémantique, il existerait, dit-il, une mémoire épisodique qui systématise les expériences individuelles quotidiennes; il a d'ailleurs créé, en 1975, un programme qui procède, au cours de la lecture d'une phrase, à la récupération des concepts sous-jacents, à l'inférence et à la prédiction, en s'appuyant sur les connaissances en mémoire et les événements. En 1977, il reprend la théorie du "frame" de Minsky et en fait le "script", ou "frame" spécialisé permettant d'étudier les séquences d'événements, les buts intentionnels, les plans pour les réaliser et les thèmes de ces buts selon les diverses personnalités. De 1978 à 1981, il développe les scripts dans deux programmes de type sommet-base exploitant des situations prototypiques (ex.: le repas au restaurant): malgré les règles nombreuses, il s'agit d'une intéressante interaction entre les analyses linguistique, sémantique et pragmatique, le tout visant la plausibilité psychologique. De 1983 à 1985, il élabore un programme base-sommet: il y a recherche continuelle, dans le système mémoriel, des liens entre les différents sens possibles construits par la phrase.

En intelligence artificielle, on retrouve bon nombre de travaux se regroupant autour de la notion "réseau de transition augmentée". Ces modèles font généralement appel à la notion de compétence telle que définie dans la grammaire générative et transformationnelle. On peut citer les travaux d'analyse de phrase de Wanner, Kaplan et Shiner (1975). Ces auteurs mesurent le travail effectué par la mémoire à court terme durant le traitement, ce qui est une préoccupation venue de Woods, véritable père de la notion de "réseau de transition augmentée", précisée par la suite par Brachman (1978).

Le plus connu de tous les modèles de "réseau de transition augmentée" est sans doute celui de Beaugrande (1981; cf Denhière 1984 pour la traduction). Il s'agit d'un schéma qui se base sur la recherche de liens entre une occurrence textuelle (lettre, mot, proposition, concept) et d'autres occurrences de même type ou de type différent. Beaugrande identifie quatre phases de traitement: 1) l'analyse, ou identification des dépendances grammaticales de la structure de surface; 2) le recouvrement de concepts, ou association des expressions linguistiques à un contenu cognitif; 3) le recouvrement des

idées, ou recouvrement de la configuration conceptuelle centrale; 4) le recouvrement des plans, ou identification des buts du texte. Pour Beaugrande, la lecture est une recherche de "connexité" (traduction de Denhière pour "connectivity"). Cette recherche varie en intensité selon le texte ou le lecteur. Beaugrande tient compte des connaissances préalables du lecteur.

On retrouve également en intelligence artificielle des structures conceptuelles appelées "scénarios". Ainsi en est-il chez Sanford et Garrod (1981), où le scénario représente le domaine étendu de la référence. Ces scénarios permettent d'activer des rôles (ex.: le scénario d'un procès). Alors que les schémas tels ceux de Beaugrande sont des représentations générales du savoir, les scénarios, eux, sont surtout élaborés pour une situation spécifique. Le schéma étant une représentation complexe de haut niveau, il n'est pas étonnant qu'on le retouve à la fois dans les travaux sur l'intelligence artificielle et dans les travaux plus traditionnels sur la grammaire du récit et sur les macrostructures.

4.4 Compétence et niveaux de compétence

Notions générales

Afin de résoudre le double problème épistémologique et technique que j'évoquais plus haut quant à l'intégration possible des données issues de la psychologie et des sciences du langage dans un modèle général de compréhension en lecture qui soit vraiment interdisciplinaire, je propose maintenant de mettre de l'avant la notion de compétence. Chacun sait que la première définition explicite et structurée de ce concept appliqué au phénomène langagier remonte à Chomsky (1965). La compétence chomskyenne est une idéalisation: c'est le savoir d'un locuteur idéal vivant dans une communauté de parole homogène. Chomsky y accole le terme de performance, qui est l'utilisation actuelle du langage dans des situations concrètes et inclut les déviations aux règles. Voyons maintenant ce qu'a été la fortune du concept de compétence depuis une vingtaine d'années.

Le sociolinguiste Hymes (1971, 1979, 1984) s'est inscrit en faux contre la définition chomskyenne de la compétence et de la performance, disant qu'il leur manque la mention de traits socio-culturels. Il appelle à sa rescousse Bloomfield (1927), dont les travaux sur les langues indiennes ont fait ressortir une notion de compétence différentielle à l'intérieur d'une communauté de parole hétérogène où joue l'acculturation. Il ajoute que les locuteurs d'une communauté de parole ont eux-mêmes

conscience des variétés d'une même langue qu'ils utilisent. Il va plus loin encore en incluant dans la compétence les concepts d'appropriation et d'acceptabilité que Chomsky associe à la performance, de même que des variables telles que l'attitude, la motivation, les facteurs socio-culturels. Parti d'une compétence linguistique élargie, ou compétence sociolinguistique, Hymes en arrive à parler de compétence communicative, notion qui a beaucoup influencé la recherche américaine sur la compréhension et l'interprétation sociale du discours.

La linguistique de texte a également contribué à la définition de la compétence. Ainsi, pour Beaugrande (1980, 22), la distinction entre compétence et performance est, si l'on reprend ses propres termes, valable, sinon indispensable. Il retient même la notion de compétence communicative de Hymes. La distinction entre compétence et performance lui semble être du même ordre que celle entre stratégies et applications. La compétence textuelle ne se réduit pas à distinguer un texte d'un non-texte, elle met en branle des connaissances et des processus (ex.: croyances, savoirs sur le monde réel et les types de textes, procédures de production et de rappel de textes, procédures d'établissement de plans ou de résumés...).

Les travaux de sémiotique et de pragmatique ont également permis, depuis une quinzaine d'années, d'élargir la notion de compétence. Ainsi, Wunderlich (1972) parle de métacompétence qui tient compte non seulement du système linguistique, mais également de critères tels que la situation d'énonciation. On retrouve également dans la théorie actancielle de Greimas (1973) les notions de compétence et de performance comme des stratégies surdéterminant les actants dans leur progression dramatique. Les précisions de Courtés (1976) vont dans le même sens: le sujet compétent est celui qui possède un programme narratif qu'il aura éventuellement à réaliser. Carontini (1984), lui, parle de la compétence sémiotique du sujet comme étant la connaissance pré-discursive que les émetteurs-récepteurs possèdent des structures sémiotiques élémentaires.

Deux modèles intégrateurs

Il existe actuellement, à notre connaissance, deux modèles qui intègrent les compétences linguistiques et extra-linguistiques, ceux de Kerbrat-Orecchioni (1980) et de Charaudeau (1983). Kerbart-Orecchioni se base sur la dichotomie production/interprétation et récupère à sa façon des éléments du schéma de Jakobson (voir figure 3). Outre la compétence linguistique, elle fait place aux compétences idéologiques et culturelles, de même qu'aux données situationnelles.

Le modèle de Charaudeau est à la fois plus complet et plus complexe, les deux qualificatifs allant ici nécessairement de pair (voir figure 4). Il part de la compétence langagière en tant que capacité de l'homme à représenter ses expériences en sémiotisant le monde. À la dichotomie pro-duction/interprétation de Kerbrat-Orecchioni, il préfère celle entre sujet communiquant et sujet interprétant. Charaudeau parle d'une compétence sémiolinguistique, qui permet de manipuler la matière langagière. Cette matière langagière est organisée selon quatre appareils conceptuels: les appareils énonciatif, argumentatif, narratif et rhétorique. Il y joint une compétence situationnelle, constituée de situations socio-langagières codifiées qui représentent les pratiques sociales propres à une communauté donnée. Ces compétences sémiolinguistique et situationnelle combinées constituent la compétence discursive (cf les genres discursifs publicitaire, politique, scolaire, scientifique). Le modèle permet de voir que la compétence linguistique s'exerce dans le cadre d'une activité structurelle, la compétence discursive, dans le cadre d'une activité sérielle, et la compétence situationnelle, dans le cadre des circonstances du discours. Le modèle délimite également la place des protagonistes de l'acte de langage: JEé et JEc représentent respectivement le sujet énonçant et le sujet communicant, TUd et TUi, le sujet destinataire et le sujet interprétant.

Proposition d'un troisième modèle

J'aimerais, en terminant, mettre de l'avant ma propre conception de la compréhension en lecture en vous présentant un modèle (voir figure 5), basé à la fois sur une interprétation de la notion de compétence et sur les notions d'implicite et d'explicite. Il s'agit d'un modèle complexe, qui comporte des boucles de rétroaction, des va-et-vient d'un élément à l'autre, et qui tient compte tant des acquis des sciences du langage que de ceux de la psychologie cognitive. Il s'agit d'un modèle modulaire: on peut en isoler un niveau, bien que tous les niveaux soient interdépendants. Ce modèle peut ainsi permettre une adaptation à l'âge des sujets (les plus jeunes insistant les structures les plus élémentaires, par exemple). C'est par la hiérarchie des compétences qu'il tient compte des capacités du sujet lecteur. Il peut s'adapter, par ses structures emboîtées, à différents types de trajets textuels, ou encore, si l'on veut, à différents niveaux de mémorisation et de rappel. Ce modèle se lit comme suit.

La ligne médiane séparant le graphique en deux est celle de la frontière entre l'implicite et l'explicite. Plus on va vers l'extérieur du tableau, plus la compétence concernée est englobante. En conséquence, il est normal que l'implicite prenne de plus en plus de place dans une compétence de plus en plus sophistiquée. De part et d'autre des deux moitiés du tableau, les notions explicites et implicites se répondent: ainsi en est-il

de la dénotation et de la connotation, de la proposition logique explicite et de la proposition logique implicite, des déictiques spatio-temporels et des "frames", des connecteurs et de l'argumentation.

Les trois structures en forme de carrés emboîtés se rapportent à trois types de compétences qui sont à la fois complémentaires et mutuellement inclusifs. La moins étendue, la plus facile à mettre en branle, est la compétence linguistique, qui occupe, comme il se doit, le centre du tableau, puisqu'on l'inclut dans toutes les autres. De concert avec la compétence sémiotico-sémantique, elle constitue la compétence textuelle. La compétence pragmatique se subdivise en compétence situationnelle et sociale d'une part, et en compétence idéologique, d'autre part. Cette dernière constitue la forme ultime de la compétence pragmatique; bien que se basant sur des marques explicites tout autant qu'implicites, elle se caractérise par sa prédilection pour l'implicite. L'expression "compétence discursive" recouvre l'ensemble de toutes les compétences.

De part et d'autre du tableau, des flèches relient les notions complémentaires. Il en est ainsi pour les notions implicites et explicites mises en corrélation avons-nous déjà dit. Les flèches relient également des notions unies logiquement à l'intérieur d'un même type de compétence et permettent de visualiser le cheminement d'un certain type de compréhension, par exemple, des mots à la phrase, du concept à la microstructure, puis à la macrostructure, de la découverte de la cohérence spatio-temporelle et de la cohésion thématique à l'élaboration de superstructures et de schémas, en passant par les inférences et l'argumentation.

Ce modèle ne peut répondre à la question de savoir si la compréhension est un processus sommet-base ou base-sommet, ou, ainsi qu'il est graphiquement représenté, un processus centripète ou un processus centrifuge: tout dépend des connaissances du lecteur, de ses buts, de ses habiletés. On peut donc "lire" le modèle dans des sens différents, puisqu'il est délinéarisé. Il permet également de voir les liens entre les disciplines dont nous avons évoqué les principales contributions. Enfin, tel qu'il est présenté, le modèle suscite naturellement des applications pédagogiques, puisque la terminologie utilisée, de même que la situation graphique des divers termes peuvent servir d'ancrage dans l'élaboration de questions de niveaux variés, ce qui constitue un prolongement valable de l'acte de lecture.

CONCLUSION

Comprendre un texte constitue l'une de ces habiletés "transversales" dont on ne saurait se passer, dès qu'il s'agit d'apprentissage. Le processus de traitement de l'information est, au fond, si complexe, que, pour reprendre ce que nous disions au début, il requiert une approche holistique concrétisée en stratégies de divers niveaux. La voie la plus prometteuse semble bien, actuellement, celle de la psycholinguistique, qu'elle soit conjuguée ou non à l'intelligence artificielle. Quant à la linguistique, elle s'est donné, par le biais de la pragmatique, un moyen de dépasser l'analyse interne de la langue et de déboucher sur l'analyse discursive.

De plus en plus, nous situons à l'avant-plan de nos préoccupations de recherche sur la compréhension en lecture les pédagogues de la langue. Il est important que les travaux entrepris leur fournissent de nouvelles avenues d'exploration. Ainsi en est-il des recherches sur le savoir pré-construit, sur les types de questionnement, sur le métaquestionnement, sur les types de textes, sur la jonction des processus de lecture et d'écriture. Et il n'est pas impossible de penser que de la salle de classe puissent surgir de nouveaux problèmes de recherche.

BIBLIOGRAPHIE

Adam, J.-M. (1984). *Le récit*, Paris: Presses universitaires de France (coll. Que sais-je) *(2149)*, 125 pages.

Anderson, R.-C., Shirfin, Z. (1980). "The Meaning of Words in Context", *in* Spiro, R.-J. et al. (Eds), *Theoretical Issues in Reading Comprehension*, Hillsdale: Erlbaum, pp. 331-348.

Austin, J.-L. (1962). *How to do things with words*, Cambridge, Mass.: J.O. Urmson (Ed.).

Ausubel, D.-P. Anderson, R.-C. (Eds) (1965). *Readings in the Psychology of Cognition*, New-York: Holt, Rinehart and Winston.

Bach, K., Harnish, R.-M. (1982). *Linguistic Communication and Speech Acts*, Cambridge, Mass., Londres, Royaume-Uni: The M.I.T. Press, 327 pages.

Barclay, J.-R. et Jahn, G. (1976). "La distance sémantique variable et la structure de la mémoire sémantique", *Bulletin de psychologie*, no spécial, pp. 85-91.

Barthes, R. (1966). "Introduction à l'analyse structurale des récits", *in* Communication 8: *L'analyse structurale du récit*, Paris: Seuil, (coll. Poins no 129; 1981), pp. 7-33.

Beaugrande, R. De (1980). *Text, Discourse and Process*, (vol. 4 de la série Advances in Discourse Processes, R.O. Freedle Eds), Norwood, N.-Jersey: Ablex Publishing Corporation, 351 pages.

Beaugrande, R. De (1981). "Design Criteria for Process Models of Reading", *Reading Research Quarterly*, 2, pp. 261-315.

Beaugrande, R. De, Dressler, W. (Eds) (1981). *Introduction to Text Linguistics*, Londres, New-York: Longman, 270 pages.

Beaugrande, R. De (1982). "Les contraintes générales qui affectent les processus de compréhension du langage", *Bulletin de psychologie, tome XXXV, (356)*, pp. 683-694.

Beaugrande, R. De (1985). "Text Linguistics in Discourse Studies", *in Disciplines of Discourse Handbook of Discourse Analysis, 1*, T.-A. Van Dijk (Ed.), New-York, London, Toronto: Academic Press, pp. 41-70.

Benveniste, E. (1966). *Problèmes de linguistique générale, tomes 1 et 2*, Paris: Gallimard.

Berrendonner, A. (1981). *Éléments de pragmatique linguistique*, Paris: (Ed.) de Minuit (coll. Proposition), 247 pages.

Bertrand, Y. (1976). "L'interdisciplinarité", *Pédagogiques, 1, (4)*, Université de Montréal, pp. 3-5.

Black, J.-B., Bower, G.-H. (1980). "Story Understanding as Problem-Solving" Poetics, special issue: *Story Comprehension*, T.-A. Van Dijk (Ed.), 9, *(1-3)*, pp. 223-250.

Bloom, B.-S. (Ed.) (1956). *Taxonomy of Educational Objectives*, the classification of educational goals, by a comittee of college and university, New-York: Longman.

Bransford, J.-D., Johnson, M.-K. (1973). "Considerations on some Problems of Comprehension", *in* W.-F. Chase (Ed.) (1973). *Visual Information Processing*, New-York: Academic Press, pp. 383-438.

Bremond, C. (1973). *Logique du récit*, Paris: Seuil.

Bronckart, J.-P. (1985). *Les sciences du langage: un défi pour l'enseignement?* Paris: Unesco/Delachaux et Niestlé (coll. Sciences de l'éducation), 119 pages.

Brown, G., Yule, G. (1983). *Discourse Analysis*, Cambridge: Cambridge University Press, 288 pages.

Buono, N. (1976). *Émistémologie des relations interdisciplinaires*, Québec: Presses de l'Université du Québec, 132 pages.

Caron, J. (1983). *Les régulations du discours, psycholinguistique et pragmatique du langage*, Paris: Presses Universitaires de France, 255 pages.

Carontini, E. (1984). *L'action du signe*, Louvain-la-Neuve: Cabay libraire-éditeur, (coll. Questions de communication no 7), 183 pages.

Centre Royaumont pour une science de l'homme (1979). *Théories du langage, théories de l'apprentissage*, le débat entre Jean Piaget et Noam Chomsky, organisé et recuilli par M. Piatelli-Palmarini, Paris: Seuil, 533 pages.

CERI-OCDE (Eds.) (1972). *L'interdisciplinarité: problèmes d'enseignement et de recherche dans les universités*.

Chabot, C. (1984). "À la recherche de la mémoire", *Québec Science*, décembre, pp. 40-45.

Charaudeau, P. (1983). *Langage et discours: éléments de sémiolinguistique*, (théorique et pratique), Paris: classiques Hachette, 176 pages.

Charniak, E. (1975). "A Partial Taxonomy of Knowledge about Actions", Castagnola, Institute for Semantic and Cognitive Studies, (TR 13).

Chomsky, N. (1957). *Syntactic Structures*, La Haye: Mouton.

Chomsky, N. (1965). *Aspects of the Theory of Syntax*, Cambridge: The M.I.T. Press.

Chomsky, N. (1977). *Dialogues avec Mitsou Ronat*, Paris: Flammarion (coll. Dialogues), 210 pages.

Cohen-Bacri, J. (1978). "Langage et processus cognitifs: interprétation de phrases complexes avec propositions relatives chez l'enfant", *La linguistique, (14)*, pp. 89-110.

Collins, A.-M., Quillian, M.-R. (1969). "Retrieval Times from Semantic Memory", *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, (8)*, pp. 240-247.

Combettes, B. (1985). "Cohérence textuelle et pragmatique", *in* M. Francard, *Pragmatique et enseignement du français*, Cahiers de l'Institut de linguistique de Louvain, Louvain-la-Neuve: Cabay (Ed.), pp. 39-60.

Courtes, J. (1976). *Introduction à la sémiotique narrative et discursive*, Paris: Hachette Université, 144 pp.

Davis, F.-B. (1944). "Fundamental Factors of Comprehension in Reading", *Psychometrika, 9, (3)*.

Deledalle, G. (1979). *Théorie et pratique du signe*, Introduction à la sémiotique de C.-S. Peirce, Paris: Payot, 215 pages.

Denhiere, G. (1984). *Il était une fois... compréhension et souvenir de récits*, Lille: Presses Universitaires de Lille, 407 pages.

Deschênes, A.-J. (1988). *La compréhension et la production de textes*, Sillery: Presses de l'Université du Québec, (coll. Monographies de psychologie), 136 pages.

Dresher, B.-E., Hornstein, N. (1976). "On Some Supposed Contributions of Artificial Intelligence to the Scientific Study of Language", *Cognition* 4, pp. 321-398.

Dressler, W.-V. (Ed.) (1978). *Current Trends in Textlinguistics*, Berlin, New-York: Walter de Gruyter, 308 pages.

Dubois, D. (1975). *Rappel et reconnaissance de phrases: aspects syntaxiques et sémantiques*, (coll. Monographies françaises de psychologie, no 29), Paris: Centre national de la recherche scientifique, 127 pages.

Dubois, D. (1976). "Quelques aspects de la compréhension du langage: mémoire sémantique et compréhension". *Bulletin de psychologie*, no spécial.

Dubois, D. (1981-1982). "Lexique et représentations préalables de la compréhension de phrases", *Bulletin de psychologie*, pp. 601-606.

Dubuisson, C., Emirkanian, L. (1982 a). "Complexification syntaxique de l'écrit au primaire", *Revue de l'Association québécoise de linguistique, 1, (1-2)*, pp. 61-74.

Dubuisson, C., Emirkanian, L. (1982 b). *La syntaxe de l'enfant du primaire: élaboration d'une grille d'évaluation*, Association québécoise des professeurs de français, 17 pages.

Ducrot, O. (1972). *Dire et ne pas dire*, Paris: Hermann.

Ducrot, O. (1978). "Présupposés et sous-entendus", *in Stratégies discursives*, Lyon: Presses universitaires de Lyon, pp. 33-43.

Ducrot, O. (1980). *Les échelles argumentatives*, Paris: (Ed.) de Minuit (coll. Propositions), 96 pages.

Ehrlich, M.-F. (1976). "Apprentissage et mémoire de textes: problèmes théoriques et méthodologiques", *Bulletin de psychologie*, no spécial, pp. 314-326.

Ferreiro, E., Othenin-Girard, C., Chipman, H., Sinclair, H. (1976). "How do Children Handle Relative Clauses", *Volumes de psychologie, XLIV, (172)*, pp. 229-266.

Fillmore, C.-J. (1968). "The Case for Case", *in* E. Bach. et R.-T. Harms (Eds), *Universals in Linguistic Theory*, New-York: Holt, Rinehart and Winston, pp. 1-88.

Fillmore, C.-J. (1979). "A Grammarian Look to Sociolinguistics", *in* J.-B. Pride, (Ed.), *Sociolinguistics Aspects of Language Learning and Teaching*, Oxford University Press, pp. 2-16.

Firth, J.-R. (1968). *Selected Papers of J.-R. Firth*, 1952-1959, Harlow, Royaume-Uni: Longman, 209 pages.

Flahault, F. (1978). *La parole intermédiaire*, Paris: Seuil, 234 pages.

Frederiksen, C.-H. (1975). "Representing Logical and Semantic Structure of Knowledge Acquired from Discourse", *Cognitive Psychology, 7*, pp. 341-458.

Frederiksen, C.-H., Frederiksen, J.-D., Humpfrey, F.-H., Ottesen, J. (1978). *Discourse Inference: Adapting to the Inferential Demands of School Texts*, paper presented at the American Educational Research Association, Toronto.

Frederiksen, C.-H. (1978). "Discourse Comprehension and Early Reading", *in* M.-L.-B. Resnick et P.-A. Weaver (Eds.), *Theory and Practice in Early Reading*, Hillsdale: Erlbaum.

Freedle, R.-O., Carroll, J. B. (1972). *Language Comprehension and the Acquisition of Knowledge*, Washington D.-C.: Winston and sons, 380 pages.

Fries, C.-C. (1962-63). *Linguistics and Reading*, Holt, Rinehart and Winston, 265 pages.

Gagné, R.-M. (1965). *The Conditions of Learning*, Holt, Rinehart and Winston, 308 pages.

Genette, G. (1966). "Frontières du récit", *Communications 8: L'analyse structurale du récit*, Paris: Seuil (coll. Points no 129, 1981), pp. 158-169.

Greimas, A.-J. (1973). "Les actants, les acteurs et les figures", *in* C. Chabrol et al., *Sémiotique narrative et textuelle*, Paris: Larousse (coll. L), pp. 161-176.

Greimas, A.-J. (1983). *Du sens II*, Paris: Seuil.

Greimas, A.-J., Courtes, J. (1979). *Sémiotique, dictionnaire raisonné de la théorie du langage*, Paris: Hachette Université, 424 pages.

Grice, H.-P. (1975). "Logic and Conversation", *in Syntax and Semantics 3: Speech Acts*, P. Cole et J. Morgan (Eds), New-York: Academic Press.

Grice, H.-P. (1981). "Presupposition and Conversational Implicature", *in Radical Pragmatics*, P. Cole (Ed.), Londres, Toronto: Academic Press, pp. 183-198.

Halliday, M.-A.-K., Hasan, R. (1976). *Cohesion in English*, New-York: Longman, English Language Series, 374 pages.

Hayes, J.-R. (Ed.) (1970). *Cognition and the Development of Language*, John Wiley and Sons Inc., 370 pages.

Hjelmslev, H. (1966). *Prolégomènes à une théorie du langage*, Paris: Minuit.

Huggins, A.-W.-F., Adams, M.-J. (1980). "Syntactic Aspects of Comprehension in Reading", *in* Spiro, R.-J. et al. (Eds.), *Theoretical Issues in Reading Comprehension*, Hillsdale: Erlbaum, pp. 87-112.

Huot-Lemonnier, F. (1984). *La syntaxe du français écrit chez les enfants de 8 à 12 ans*, thèse de doctorat, Université de Montréal, 326 pages.

Hymes, D. (1964). *Language in Culture and Society*, a Reader in Linguistics and Anthropology, New-York: Harper and Row.

Hymes, D. (1971). "On Linguistic Theory, Communicative Competence and the Education of Disavantaged Children", *in* M.-L. Wax, S.-A. Diamond et F.-O. Gearing (Eds.), *Anthropological Perpectives on Education*, New-York: Basic Books, pp. 51-66.

Hymes, D. (1979). "On Communicative Competence", in C.-J. Brumfit et K. Johnson (Eds), *The Communicative Approach to Language Teaching*, Oxford: Oxford University Press, pp. 5-26.

Hymes, D. (1984). *Vers la compétence de communication*, Paris: Hatier, Crédif (coll. Langues et apprentissage des langues), 219 pages.

Isakson, R.-L., Miller, J.-W. (1976). "Sensitivity to Syntactic and Semantic Cues in Good and Poor Comprehenders", *Journal of Educational Psychology, 68, (6)*, pp. 787-792.

Iser, W. (1985). *L'acte de lecture. Théorie de l'effet esthétique*, Bruxelles: Pierre Mardaga éditeur, 401 pages.

Kerbrat-Orecchioni, C. (1977). *La connotation*, Lyon: Presses universitaires de Lyon, 256 pages.

Kerbrat-Orecchioni, C. (1980). *L'énonciation de la subjectivité dans le langage*, Paris: A. Colin, 290 pages.

Kintsch, W. (1977). "On Comprehending Stories", *in* M.-A. Just et P.-E. Carpenter (Eds), *Cognitive Processes in Comprehension*, Hillsdale: Erlbaum, 326 pages.

Kintsch, W. (1985). "Text Processing: a Psychological Model", *in* T.-A. Van Dijk (Ed.), *Handbook of Discourse Analysis*, vol. 2, *Dimensions of Discourse*, New-York, Londres, Toronto: Academic Press, chap. 12, pp. 231-243.

Kintsch, W., Van Dijk, T.-A. (1975). "Comment on se rappelle et on résume des histoires", *Langages, 40*, pp. 98-116.

Kintsch, W., Van Dijk, T.-A. (1978). "Toward a Model of Text Comprehension and Production", *Psychological Review, 85(5)*, pp. 363-394.

Labov, W., Waletzky, M. (1967). "Narrative Analysis: Oral Versions of Personnal Experience", *in* J. Helm (Ed.), *Essays on the Verbal and Visual Arts*, Seatle, London.

Lebrun, M. (1987). *Vers un modèle intégré des critères de compréhension en lecture au collégial*, thèse de doctorat, Université Laval, Faculté d'éducation, département de didactique, 509 pages.

Lefebvre-Pinard, M. (1979). "Existe-t-il des changements cognitifs chez l'adulte?", Montréal, département de psychologie de l'Université du Québec à Montréal, présentation au Congrès de la Société québécoise de recherche en psychologie tenu en octobre à Trois-Rivières, 20 pages.

Le Taillanter, D. (1976). "L'encodage spécifique dans les apprentissages de liste: quelques hypothèses", *Bulletin de psychologie*, no spécial, pp. 159-165.

Levinson, S. (1983). *Pragmatics*, Cambridge: Cambridge University Press, 420 pages.

Lyons, J. (1977). *Semantics*, Cambridge: Cambridge University Press.

Mandler, M., Johnson, N.-S. (1977). "Remembrance of Things Parsed: Story Structure and Recall", *Cognitive Psychology*, *9*, pp. 11-151.

Mandler, M., Johnson, N.-S. (1980). "On Throwing out the Baby with the Bathwater: a Reply to Black and Wilensky's Evaluation of Story Grammars", *Cognitive Science*, *4*, pp. 305-312.

Martin, E., Roberts, K.-H. (1966). "Grammatical Factors in Sentence Retention", *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *5*, pp. 211-218.

Mehler, J. (1963). "Some Effects of Grammatical Transformations on the Recall of English Sentences", *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *2*, pp. 346-351.

Meijers, G., Jarvella, R.-J. (1982). "La perception des racines et des flexions verbales en langue parlée", *Bulletin de psychologie*, pp. 587-599.

Meyer, B.-J.-F. (1975). *The Organization of Prose and its Effects on Memory*, Amsterdam, Oxford et New-York: North Holland Publishing Cy Inc. et American Elsevier Publishing Cy Inc., North Holland Studies in Theoretical Poetics, T.-A. Van Dijk et W.-O. Hendricks (Eds.), *1*, 249 pages.

Meyer, B.-J.-F., Rice, G.-E. (1982). "The Interaction of Reader Strategies and the Organization of Text", *Text*, *2*, *(1-3)*, pp. 155-192.

Miller, G.-A. (1962). "Some Psychological Studies of Grammar", *American Psychologist*, *17*, pp. 748-762.

Minsky, M. (1974). "A Framework for Representing Knowledge", *Artificial Intelligence*, Memo no 306, M.I.T. Laboratory, Cambridge, Mass.

Morris, C.-W. (1938). "Foundations of the Theory of Signs", International Encyclopedia of Unified Science, *1, (2)*, Chicago: The University of Chicago Press, 59 pages.

Mounin, G. (1970). *Introduction à la sémiologie*, Paris: (Ed.) de Minuit, 248 pages.

Oleron, G. (1976). "Compréhension et rappel immédiat d'un texte en fonction de la redondance", *Bulletin de psychologie*, no spécial, pp. 151-158.

Olson, J., Mackay, D.-S. (1974). "Completion and Verification of Ambiguous Sentences", *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *13*, 457-470.

Palmade, G. (1977). *Interdisciplinarité et idéologies*, Paris: Anthropos, 291 pages.

Pearson, P.-D.(1974-75). "The Effects of Grammatical Complexity on Children's Comprehension, Recall and Conception of Certain Semantic Relations", *Reading Research Quarterly*, *10*, 2, p. 155-192.

Pecheux, M., Fuchs, C. (1975). "Mises au point et perspectives à propos de l'analyse automatique du discours", *Langages*, no spécial, *Analyse du discours, langue et idéologies, (37)*, mars, Didier/Larousse, pp. 7-80.

Peirce, C.-S. (1978). *Écrits sur le signe*, (rassemblés, traduits et commentés par G. Deledalle), Paris: Seuil, 215 pages.

Perfetti, C.-A. (1981-1982). "Contexte discursif, identification de mots et capacité de lecture", *Bulletin de psychologie*, pp. 57[illegible]-578.

Perfetti, C.-A., Hogaboam, T. (1975). "Relationship between Single Word Decoding and Reading Comprehension Skill", *Journal of Educational Psychology*, *67*, *(4)*, p. 461-469.

Pesot, J. (1979). *Silence on parle. Introduction à la sémiotique*, Montréal: Guérin (coll. Langue et société), 144 pages.

Petofi, J.-S. (1975). *Vers une théorie partielle du texte*, Hambourg: Helmut Buske Verlag, (coll. Papiere zur Textlinguistik), *9*, 148 pages.

Propp, V. (1970). *Morphologie du conte*, Paris: Seuil, (coll. Points no 12), (première édition russe en 1928).

Quillian, M.-R. (1968). "Semantic Memory", *in* M. Minsky (Ed.), *Semantic Information Processing*, M.I.T. Press.

Reboul, O. (1980). *Langage et idéologie*. Paris: Presses universitaires de France, 228 pages.

Recanati, F. (1979). *La transparence et l'énonciation*. Pour introduire à la pragmatique, Paris: Seuil, (coll. L'ordre philosophique), 215 pages.

Rumelhart, D.-E. (1975). "Notes on a Schema for Stories", *in* D.-G. Borrow et A.-M. Collins (Eds.), *Representation and Understanding: Studies in Cognitive Science*, New-York, Academic Press.

Rumelhart, D.-E. (1977). "The Representation of Knowledge in Memory", *in* R.-C. Anderson, R.-J. Spiro et W.-E. Montague (Eds.), *Schooling and the Acquisition of Knowledge*, Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.

Sanford, A.-J., Garrod, S. (1981-1982). "Vers la construction d'un modèle psychologique de la compréhension du langage écrit", *Bulletin de psychologie*, pp. 643-648.

Saussure, F. De (1969; première éd. en 1915). *Cours de linguistique générale*, Paris: Payot, 331 pages.

Savin, H., Perchonock, E. (1965). "Grammatical Structure and the Recall of English Sentences", *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 4, pp. 348-353.

Schank, R.-C. (1972). "Conceptual Dependency: a Theory of Natural Language Understanding", *Cognitive Psychology*, 3, pp. 552-631.

Schank, R.-C. (1976). "Existe-t-il une mémoire sémantique?", *Bulletin de psychologie*, no spécial, pp. 26-33.

Schank, R.-C., Abelson, R.-P. (1977). *Scripts, Plans and Understanding*, Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.

Schank, R.-C., Murstein, M. (1985). "Artificial Intelligence Modeling Memory for Language Understanding", *in* T.-A. Van Dijk (Ed.), *Handbook of Discourse Analysis*, vol. 1, *Disciplines of Discourse*, New-York, Londres, Toronto: Academic Press, chap. 6, pp. 145-166.

Schlesinger, I.-M., (1968). *Sentence Structure and the Reading Process*, Paris, La Haye: Mouton, 171 pages.

Searle, J.-R. (1969). *Speech Acts and Essay in the Philosophy of Language*. Cambridge: Cambridge University Press.

Slama-Cazacu, T. (1961). *Langage et contexte*, La Haye: Mouton.

Slama-Cazacu, T. (1973). "Sur le concept "socio-psycholinguistique", *Bulletin de psychologie, no 304, tome XXVI, 5-9*, pp. 246-251.

Slobin, D.-I. (1966). "Grammatical Transformations and Sentence Comprehension in Childhood and Adulthood", *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 5*, pp. 219-227.

Thorndyke, P.-W. (1977). "Cognitive Structures in Comprehension and Memory of Narrative Discourse", *Cognitive Psychology, 9*, pp. 77-110.

Tiberghien, G. (1976). "Reconnaissance à long terme: pourquoi ne pas chercher?", *Bulletin de psychologie*, no spécial, pp. 188-197.

Todorov, T. (1966). "Les catégories du récit littéraire", in Communications 8: *L'analyse structurale du récit*, Paris: Seuil, (coll Points no 129, 1981), pp. 131-157.

Tulving, E. (1976). "Rôle de la mémoire sémantique dans le stockage et la récupération de l'information épisodique", *Bulletin de psychologie*, no spécial, pp. 19-25.

Van Dijk, T.-A. (1980). *Macrostructures, an Interdisciplinary Study of Global Structures in Discourse*, Interaction and Cognition, Hillsdale: Erlbaum, 317 pages.

Van Dijk, T.-A. (1982). "Introduction", *Text*, (special triple issue on cognitive models of discourse processing), *2, (1-3)*, pp. 01-08.

Vezin, J.-F. (1975). *Déterminants de la concision*, monographies françaises de psychologie, Paris, éditions du Centre national de la recherche scientifique, 146 pages.

Vezin, J.-F, Vezin, L. (1981-1982). "Compréhension de texte et intégration cognitive", *Bulletin de psychologie*, pp. 649-657.

Vigner, G. (1979). *Lire: du texte au sens*, Éléments pour un apprentissage de la lecture, Paris: CLE international, (coll. Didactique des langues étrangères), 173 pages.

Vygotsky, L.-S. (1975). *Thought and Language*, The M.I.T. Press, 168 pages.

Wanner, E., Kaplan, R., Shiner, S. (1975). "Garden Paths in Relative Clauses", *in* B.-E. Dresher et N. Hornstein (Eds.) (1976), *Cognition, 4*.

Wildman, D.-E., Kling, M. (1978-1979). "Semantic, Syntactic and Spatial Anticipation in Reading", *Reading Research Quarterly, no 2, XV/2*, pp. 128-164.

Wilks, Y. (1975). "Methodology in A.I. and Natural Language Understanding", in B.-L. Nash-Webber et R. Schank (Eds.), *Theoretical Issues in Natural Language Processing*: an Interdisciplinary Workshop in Computational Linguistics, Psychology, Linguistics, Artificial Intelligence, *10-13*, Cambridge, Mass.

Winograd, T. (1973). "Understanding Natural Language", *Cognitive Psychology*, 3,1.

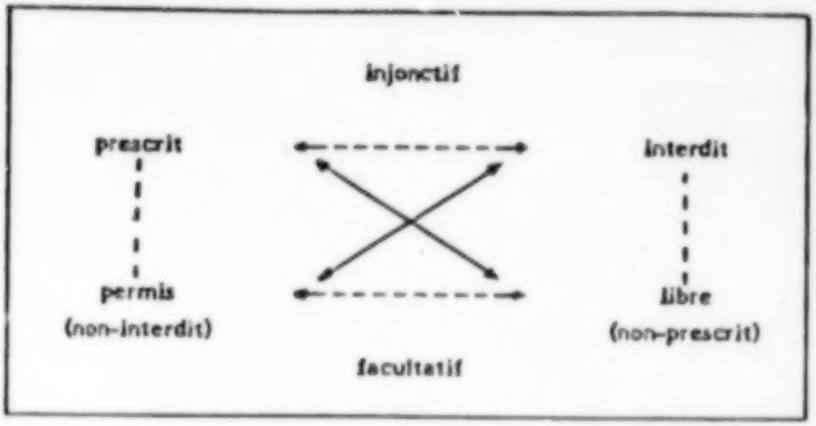
Wisher, R.-A. (1976). "The Effects of Syntactic Expectations During Reading", *Journal of Educational Psychology*, *68*, *(5)*, pp. 597-602.

Wood, G. (1976). "Mémoire et traitement sémantique", *Bulletin de psychologie*, no spécial, pp. 143-150.

Wunderlich, D. (1972). "Pragmatique, situation d'énonciation et déixis", *Langages*, *26*, pp. 34-58.

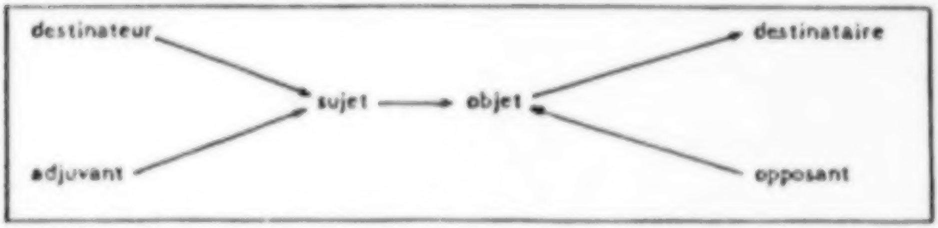
ANNEXES

FIGURE 1



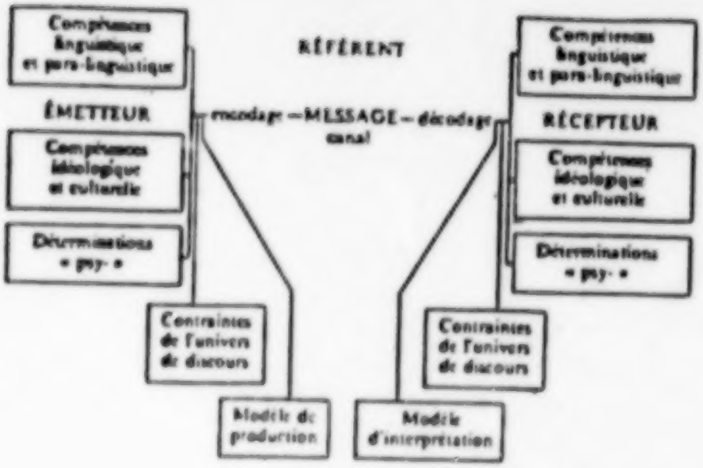
(Courtés, 1976, 59)

FIGURE 2



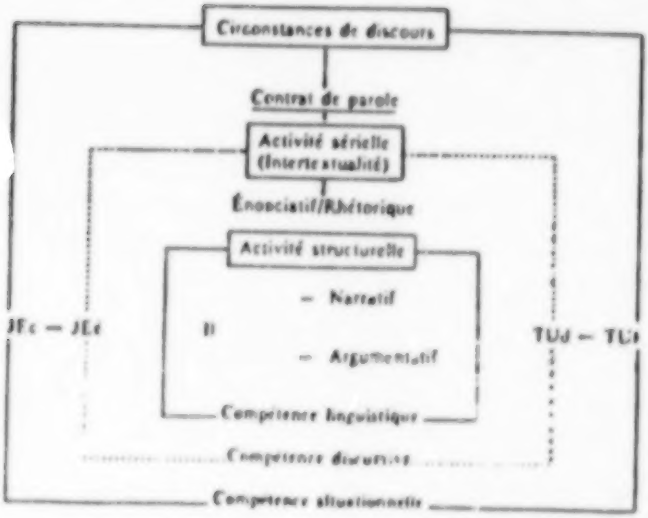
(Greimas, 1976, 180)

FIGURE 3



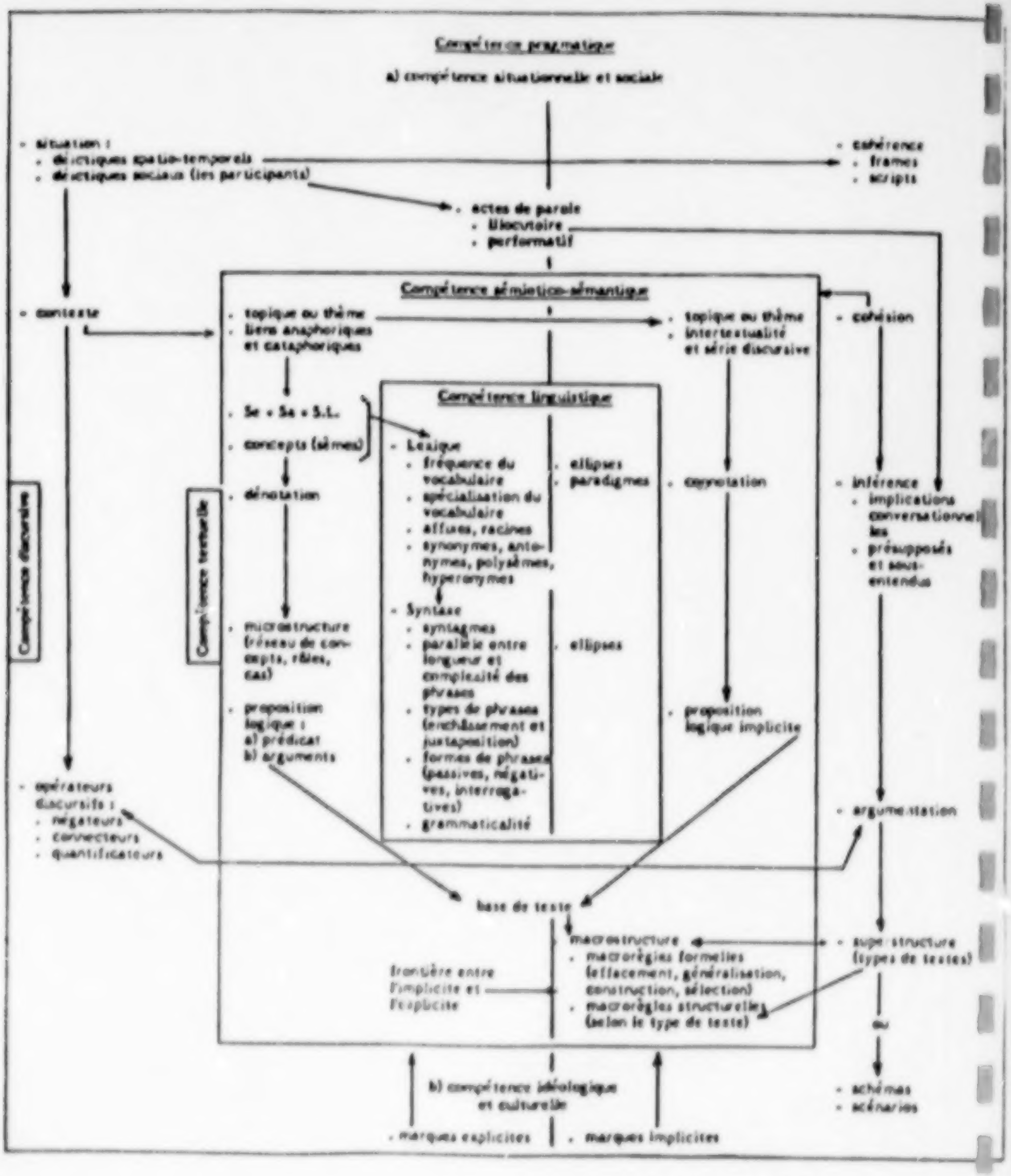
(Kerbrat-Orecchioni, 1980, 19)

FIGURE 4



(Charaudeau, 1983, 91)

FIGURE 5



(Lebrun, 1987, 389)

Fondements des grands courants en didactique des langues secondes

par Claude Germain
Département de Linguistique
Université du Québec à Montréal

Séminaire sur la Représentation
1er décembre 1989 - n° 42

CIRADE, UQAM, février 1990

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR.

Pour la clarté de l'exposé, voici tout d'abord les définitions de quelques concepts de base en didactique des langues secondes ou étrangères.

A) Par METHODE (comme dans "méthode directe") ou APPROCHE (comme dans "approche communicative"), il faut comprendre "un ensemble raisonné de propositions et de procédés (...) destinés à organiser et à favoriser l'enseignement et l'apprentissage d'une langue seconde" (Besse 1985, p. 14). Il est à noter que ce niveau comprend aussi bien les conceptions ou théories sur la nature de la langue et de l'apprentissage que sur la nature de l'enseignement proprement dit et sur la nature de la relation pédagogique (entendue dans le sens de Legendre 1988).

B) Un grand COURANT, tel qu'entendu ici, se rapport à un ensemble de principes communs à plusieurs méthodes ou approches. C'est ainsi que trois grands courants peuvent être distingués:

- Le courant *linguistique* regroupant les méthodes ou approches inspirées de principes concernant la nature de la langue:
  - la méthode situationnelle (vers 1930 --->)
  - l'approche communicative (vers 1975 --->)

Bon nombre de méthodes sont en effet centrées sur la langue. Dans ces cas, l'accent est nettement mis sur la sélection et la progression des éléments linguistiques. La variété des méthodes de ce type s'explique alors par la conception de la langue. Dans tous ces cas, il y a prédétermination des éléments linguistiques à enseigner.

- Le courant *psychologique* regroupant les méthodes ou approches inspirées de théories psychologiques de l'apprentissage. Deux cas peuvent alors se présenter (Richards et Rogers 1986, pp. 16-19). D'une part, il y a les méthodes qui sont centrées sur les conditions d'apprentissage:
  - la méthode communautaire (Curran, vers 1975 --->)
  - la méthode par le silence (Gattegno, vers 1965 --->)

D'autre part, il y a les méthodes centrées sur les processus ET sur les conditions d'apprentissage:
- l'approche naturelle (Krashen-Terrell, vers 1977/83 --->)
- la méthode par le mouvement (Asher, vers 1965 --->)
- la méthode suggestopédique (Lozanov, vers 1965 --->)

Il ne semble pas y avoir de méthode centrée exclusivement sur les processus d'apprentissage, sans lien avec les conditions visant à faciliter l'acquisition. Aucune de ces méthodes n'est construite tout d'abord autour d'un contenu linguistique.

- Le courant *intégré* regroupant les méthodes ou approches inspirées d'une conception de la nature de la langue ET d'une conception centrée sur l'apprentissage (processus et/ou conditions):
  - la méthode audio-orale (vers 1950 --->)
  - la méthode SGAV (vers 1955 --->)

Quoi qu'il en soit, il semble donc bien, en définitive que les schémas dualistes (à la Diller, par exemple) soient quelque peu simplistes pour rendre compte de la complexité des grands courants en didactique des langues secondes ou étrangères.

C) Outre le niveau des courants et des méthodes ou approches, on trouve le niveau du manuel ou de l'ENSEMBLE PÉDAGOGIQUE (livre du maître, livre de l'élève, cahiers d'exercices, matériel audio-visuel, etc.) ayant trait à l'actualisation, sous la forme de matériel pédagogique, des principes, propositions ou procédés constituant la méthode ou approche à un autre niveau (Besse, pp. 13-15). Par exemple, il peut être question du manuel, du cours ou de l'ensemble pédagogique *Voix et Images de France* (matériel parfois désigné improprement comme la "méthode" *Voix et Images de France ou VIF*).

D) Le niveau des PRATIQUES DE CLASSE se rapporte à tout ce qui se déroule effectivement dans une salle de classe où l'on apprend une langue seconde.

En résumé, voici comment peuvent être définis quatre concepts clés de la didactique des langues:

Méthode ou approche: Ensemble de principes, propositions ou procédés organisés en vue de faciliter l'apprentissage;

Courant: Ensemble de principes généraux communs à deux ou plusieurs méthodes ou approches;

Ensemble pédagogique (ou manuel): MATÉRIEL DIDACTIQUE comprenant le contenu d'apprentissage ainsi que les procédures d'enseignement visant à en

faciliter l'acquisition;

Pratiques de classe: niveau où se déroule l'enseignement proprement dit en vue de faciliter l'acquisition d'une langue seconde.

Dans l'exposé qui suit, il ne sera question que des méthodes ou approches (et, partant, des grands courants), qui constituent le niveau des HYPOTHESES, c'est-à-dire des fondements théoriques de la didactique des langues secondes. Ne seront pris en considération que les fondements linguistiques, psychologiques et didactiques des méthodes ou approches. Dans ce qui suit, neuf méthodes ou approches, toutes courantes de nos jours (bien qu'à des degrés divers), ont été retenues en vue d'esquisser une synthèse, provisoire, du domaine.

FONDEMENTS LINGUISTIQUES

Cinq grandes conceptions de la langue paraissent se dégager de l'ensemble des neuf méthodes ou approches analysées.

1. Une conception formelle

Il s'agit des méthodes ou approches centrées plus ou moins étroitement sur la langue. Dans la méthode audio-orale par exemple, ce sont les structures linguistiques (comme Sujet + Verbe + Article + Nom: "Il regarde la télévision") qui sont privilégiées, en tant qu'éléments de base de chacune des leçons.

Dans la méthode situationnelle, ce ne sont pas seulement les structures syntaxiques mais aussi les éléments du lexique - sélectionnés à partir d'enquêtes sur la langue écrite, dans les années trente - qui servent de point de départ des leçons.

Dans la méthode européenne SGAV (structuro-globale audio-visuelle), ce sont à la fois les éléments du lexique - tirés cette fois d'enquêtes sur la langue parlée, autour des années 50 - et la prononciation qui servent de fondements aux leçons.

Ce sont ces deux mêmes aspects linguistiques, le lexique (choisi de manière intuitive et non empirique toutefois) et la prononciation, qui servent de base aux leçons de la méthode suggestopédique.

En somme, on peut dire que quatre des neuf méthodes ou approches reposent sur une conception formelle de la langue:

- la méthode situationnelle
- la méthode audio-orale
- la méthode SGAV
- la méthode suggestopédique.

2. Une conception pragmatique

Avec l'approche communicative, la plus répandue des approches à l'heure actuelle (datant des années soixante-quinze), ce sont les conditions d'emploi de la langue, dans diverses situations de communication, qui sont privilégiées, compte tenu des intentions de communication, appelées fonctions langagières (par exemple, demander un renseignement, accorder une permission, etc.).

3. Une conception sémantique

Avec l'approche naturelle de Krashen et Terrell, on peut dire que c'est avant tout la signification (ou le contenu des messages à transmettre) qui est privilégiée. En effet, dans le cadre de cette approche, les apprenants doivent être exposés à un environnement linguistique riche et varié susceptible d'entraîner une compréhension significative ["comprehensible input"]. Primauté est accordée à la signification des éléments linguistiques: il n'y aura acquisition d'une langue seconde que dans la mesure où les apprenants seront exposés à des messages ou à des significations à un niveau se situant légèrement au-dessus de leur niveau de compréhension actuelle (hypothèse "I + 1", c'est-à-dire un niveau "d'input" d'un degré au-dessus du niveau actuel de compréhension).

Dans la méthode par le mouvement ("TPR Method" - "Total Physical Response Method"), prônée par Asher, qui s'apparente par beaucoup de côtés à la méthode naturelle de Krashen et Terrell, on peut également considérer qu'une très grande importance est accordée avant tout au contenu transmis (plutôt qu'à la forme linguistique proprement dite). Il s'agit cette fois d'ordres donnés par l'enseignant, à interpréter par les apprenants sous la forme d'activités motrices (par exemple, se lever, s'asseoir, pointer du doigt, etc.).

4. Une conception expressive

Dans la méthode par le silence ("The Silen Way") de Gattegno, la langue est vue avant tout comme un moyen d'expression personnelle de l'apprenant: sentiments, émotions, etc. C'est en vue de contribuer au développement de la personne, notamment l'indépendance, l'autonomie et la responsabilité, que l'enseignant s'abstient, autant que possible, de servir de modèle à imiter: le silence - contrairement à la répétition, par exemple - favorise la concentration et la rétention. C'est à l'élève qu'il revient de découvrir par lui-même, grâce à des indices surtout visuels fournis par l'enseignant, la langue à apprendre.

5. Une conception interactionniste

Dans la méthode communautaire des langues ("Community Language Learning") de Curran, les apprenants sont considérés avant tout comme les membres d'une communauté: ils apprennent par interactions langagières avec les autres membres de cette même communauté, c'est-à-dire de la même salle de classe. C'est ce qui fait que, contrairement à la plupart des autres méthodes ou approches, le contenu linguistique n'est pas prédéterminé par l'enseignant ou le manuel: au tout début, le contenu ne provient que des apprenants eux-mêmes. Il n'est constitué que des messages que ceux-ci désirent transmettre aux autres (comme "Comment t'appelles-tu?"). Ces messages sont dits dans la langue maternelle de l'apprenant, et c'est à l'enseignant que revient la tâche de traduire ces messages.

Telles sont donc les cinq grandes conceptions linguistiques qui, à mon avis, caractérisent les neuf méthodes ou approches contemporaines retenues ici:

• conception formelle:	structures ling. structures + lexique lexique + prononc. lexique + prononc.	audio-orale situationnelle SGAV suggestopédique
• conception pragmatique:		communicative
• conception sémantique:		naturelle par le mouvement
• conception expressive:		par le silence
• conception interactionniste:		communautaire

FONDEMENTS PSYCHOLOGIQUES

La diversité des conceptions de l'apprentissage est encore plus grande que dans le cas des conceptions de la langue. En effet, sept conceptions psychologiques peuvent être observées.

1. Psychologie behavioriste

C'est la psychologie behavioriste qui sert de fondement à la méthode situationnelle et à la méthode audio-orale. Dans ces deux types de méthodes, apprendre une langue est considéré d'abord et avant tout comme apprendre à former un ensemble d'habitudes, à créer des automatismes en réponse à des stimuli linguistique, du type suivant:

Elle va à Montréal / Elle y va
Elle va à Québec / Elle y va
Elle va à Toronto / Elle y va
etc.

2. Psychologie gestaltiste

Avec la méthode SGAV, une importance primordiale est accordée à la perception globale de la forme ou, à tout le moins, à une "intégration" ou réorganisation par le cerveau, dans un tout, des différents éléments perçus par les sens et filtrés par le cerveau. Selon Guberina (1965), l'apprentissage d'une langue seconde passe par les sens, notamment l'oreille et l'oeil. L'oreille et l'oeil servent de filtres entre les stimuli extérieurs et le cerveau. Quant à la grammaire, aux clichés linguistiques, à la situation extra-linguistique et au contexte linguistique, ils visent à faciliter cette intégration cérébrale des stimuli extérieurs par le cerveau.

3. Psychologie cognitive

D'après les tenants de l'approche communicative, apprendre une langue seconde ne consiste pas, comme le croyaient les tenants de la méthode audio-orale, à former simplement un ensemble d'habitudes. Il s'agit d'un processus beaucoup plus complexe et créateur, davantage soumis à des mécanismes internes du sujet apprenant qu'à des influences externes. Les êtres humains n'apprennent pas une langue par simple

imitation puiqu'ils sont amenés à produire des énoncés qu'ils n'ont jamais entendus auparavant. Apprendre une langue consiste donc à apprendre à former des règles permettant de produire de nouveaux énoncés plutôt qu'à répéter des énoncés déjà entendus dans l'environnement extérieur. Le sujet apprenant jouerait donc un rôle dans la découverte de ces règles de formation des énoncés.

4. Psychologie du "moniteur"

Les fondements psychologiques de l'approche naturelle de Krashen et Terrell ont été essentiellement formulés, à partir de 1975, par Krashen. Il s'agit en fait de toute une conception originale de l'apprentissage d'une langue seconde, fondée sur la façon dont les adultes, en milieu naturel, apprennent une langue seconde. Comme il serait beaucoup trop long d'exposer ici cette théorie particulière, qu'il suffise de rappeler qu'elle est fondée sur la distinction entre "acquisition" et "apprentissage": alors que l'acquisition est vue comme un processus implicite, inconscient, axé sur le sens, l'apprentissage est vu comme un processus explicite, conscient, axé sur la forme linguistique ou la grammaire. C'est la présence d'un "moniteur", en chacun de nous, qui jouerait le rôle d'une sorte "d'éditeur" servant à corriger ou modifier la forme des énoncés lorsqu'ils sont émis.

L'une des originalités des vues de Krashen vient du fait que, selon ce dernier, il n'y aurait pas de passage d'un processus à l'autre: il s'agit, selon Krashen, de deux processus indépendants, qui ne s'influencent pas (position qui fait présentement l'objet de nombreux débats dans le domaine de la didactique des langues).

5. Psychologie neurofonctionnelle

Dans la méthode par le mouvement ("TPR Method"), Asher développe une conception de l'apprentissage reposant sur la croyance en un bio-programme inné d'apprentissage linguistique, prenant en compte la latéralisation du cerveau. Selon Asher, une conception de l'apprentissage des langues se doit de tenir compte du fait que l'hémisphère gauche du cerveau est le siège de la langue alors que le droit est plutôt le siège des activités motrices. Une langue, précise Asher, ne peut s'acquérir que par une mise en activité de l'hémisphère droit (les activités motrices) avant même que la langue en question ne soit traitée par l'hémisphère gauche. Autrement doit, le rôle de l'hémisphère gauche consiste à observer et à apprendre lorsque l'autre hémisphère est en action: ce n'est qu'au bout d'un certain temps, alors qu'un baggage suffisant de connaissance est réalisé, que l'hémisphère gauche peut, de fait, entrer en action. C'est pourquoi Asher privilégie la fonction incitative (ordres, commandements) comme

source d'activités motrices à faire exécuter par les apprenants, avant même que ces derniers produisent des énoncés.

6. Psychologie développementale

Selon Curran (promoteur de la méthode communautaire des langues), six éléments sont nécessaires pour favoriser un apprentissage détendu: la sécurité, l'affirmation de soi, l'attention (une seule tâche à la fois), la réflexion, la rétention, et la discrimination.

Apprendre une langue seconde implique une transformation de l'être, le développement d'une toute autre personnalité. Toute la personne est impliquée, tant dans ses aspects intellectuels que ses aspects émotifs et affectifs. Toute la personnalité de l'individu s'en trouve affectée.

Curran compare les étapes de l'apprentissage d'une langue seconde aux cinq étapes (selon Curran) du développement de la personne humaine: le stade infantile, le stade d'affirmation de soi, le stade de pré-adolescence, le stade de l'adolescence, et le stade de l'autonomie.

On trouve des vues semblables - bien que moins élaborées - chez Gattegno (auteur de la méthode par le silence): l'apprentissage d'une langue seconde signifie une implication de la personne au moyen d'une prise de conscience silencieuse, suivie d'un essai actif. Gattegno accorde une très grande importance à la personne en tant que personne, au respect de ses priorités, etc. En ce sens, le silence, contrairement à la répétition, favorise la concentration, l'organisation mentale et la rétention.

7. Psychologie suggestologique

Selon Lozanov, auteur de la méthode suggestopédique (ou suggestologie appliquée à la didactique d'une discipline), il existe deux types de suggestions: des suggestions directes et des suggestions indirectes. Il y a suggestion directe lorsque l'enseignant dit aux apprenants qu'ils vont réussir, qu'ils en ont la capacité, etc. Quant à la suggestion indirecte, plus puissante, elle fait plutôt appel au subconscient de l'apprenant: musique, environnement agréable et confortable, "suggérant" que l'apprentissage d'une langue seconde peut être une activité agréable et relaxante.

C'est pourquoi Lozanov recourt à la dramatisation et aux jeux de rôle, de manière à favoriser une "dépersonnalisation" totale et une "re-personnalisation" dans un nouveau personnage, visant à lever toute barrière psychologique associée à la personne. L'apprenant se donne une nouvelle identité, un nouveau nom, un nouvel emploi, se crée un personnage en quelque sorte.

L'idée sous-jacente est en effet qu'il serait possible d'apprendre une langue seconde beaucoup plus rapidement qu'on ne le fait habituellement. Pour cela, affirme Lozanov, il suffit de détruire les barrières psychologiques qui bloquent l'apprentissage. Par manque de confiance en soi, ou par crainte de ne pas réussir par exemple, l'individu échoue ou, en tout cas, donne un rendement de beaucoup inférieur à ce qu'il pourrait obtenir s'il savait surmonter ses barrières psychologiques. Le secret consiste à exploiter toutes nos capacités humaines, en général sous-exploitées. Il se pourrait, affirme Lozanov, que nous n'utilisions que 4% environ de nos capacités mentales.

En somme, les neuf méthodes ou approches examinées font appel à sept conceptions psychologiques, qui peuvent être regroupées comme suit:

Psychologie	Méthode ou approche
• behavioriste	audio-orale situationnelle
• gestaltiste	SGAV
• cognitive	communicative
• du moniteur	naturelle
• neurofonctionnelle	par le mouvement
• développementale	par le silence communautaire
• suggestologique	suggestopédique

FONDEMENTS DIDACTIQUES

L'étude des fondements didactiques des langues secondes ne saurait être considérée comme étant de même nature que les fondements linguistiques et psychologiques. En effet, la didactique des langues - tout comme l'étude de l'éducation - n'est pas développée également dans tous ses aspects: alors que les théories linguistiques et les théories psychologiques sont relativement proprement dite de l'enseignement. Cela tient vraisemblablement à l'état de sous-développement dans lequel se trouve l'étude de l'enseignement proprement dit, dans le cadre d'une didactique spécifique. En d'autres termes, il n'existe pas de théorie de l'enseignement des langues. C'est pourquoi, dans les circonstances, je me suis cru autorisé à ne faire état que de deux aspects susceptibles de relever, éventuellement, d'une théorie de l'enseignement des langues: d'une part, le rôle

essentiel de l'enseignant et, d'autre part, les relations entre l'enseignant et les apprenants ou entre les apprenants.

Dans cette perspective, j'en suis venu à dégager six types majeurs de rôles attribués à l'enseignant de langue seconde, et trois grands types de relations d'enseignement (P - E: professeur - élèves, et E - E: élèves entre eux).

A) ROLES ATTRIBUÉS À L'ENSEIGNANT

1. L'enseignant: un modèle

L'enseignant conçu comme le modèle à imiter (sur le plan linguistique) constitue le rôle le plus déterminant des neuf méthodes ou approches examinées. En effet, c'est ce rôle qui domine à la fois dans la méthode audio-orale, dans la méthode situationnelle, dans la méthode SGAV, et dans la méthode communautaire. Dans ces méthodes ou approches, c'est l'enseignant qui sert de modèle linguistique, et plus particulièrement de prononciation, à l'apprenant de langue seconde.

2. L'enseignant: un facilitateur

Avec l'approche communicative, l'enseignant est considéré avant tout comme un "facilitateur". Il s'agit surtout de créer un environnement linguistique riche et varié, susceptible de déclencher chez l'apprenant son processus d'acquisition. Bien sûr, cela n'exclut pas le rôle de "modèle" que l'enseignant doit souvent jouer, mais il reste que le rôle dominant de l'enseignant est celui d'un "facilitateur" de l'apprentissage.

C'est encore ce rôle de "facilitateur" qui est mis en évidence dans l'approche naturelle de Krashen et Terrell. Dans cette approche, ce rôle peut se réaliser d'une triple façon: 1. L'enseignant doit fournir le maximum d'input de compréhension ["comprehensible input"]; 2. l'enseignant vise à créer une atmosphère qui soit la plus relaxante possible, de manière à favoriser un très faible filtre affectif, et 3. l'enseignant se doit de choisir et coordonner un très grand ensemble d'activités, impliquant une grande variété de contenu, etc.

3. L'enseignant: un metteur en scène

Dans la méthode par le mouvement (Asher), l'enseignant est vu comme un metteur en scène, et les apprenants comme des acteurs. L'enseignant est très directif, et les apprenants imitent ses actions. Il donne les ordres à exécuter par les apprenants. Ses actions servent de modèle à imiter. C'est l'enseignant qui décide non seulement du contenu mais des rôles à jouer par les apprenants.

4. L'enseignant: un technicien

Dans la méthode par le silence (Gattegno), l'enseignant ne sert pas de modèle dont l'apprenant n'aurait qu'à imiter la prononciation. L'apprenant est tenu responsable de ses propres productions, suite aux façons de faire indiquées par l'enseignant, surtout à l'aide de gestes montrant les différentes positions de l'appareil phonatoire. L'enseignant est vu avant tout comme un technicien ou un ingénieur, susceptible de fournir de l'aide lorsque les apprenants en ont besoin, en tenant compte de leur acquis antérieur.

5. L'enseignant: un représentant de l'autorité

Dans la méthode suggestopédique (Lazanov), l'enseignant est le représentant de l'autorité en salle de classe. C'est pourquoi les apprenants doivent lui faire confiance et le respecter. En ce sens, l'apprenant devient un peu comme un enfant vis-à-vis de l'adulte auprès duquel il se sent en confiance et en sécurité et, partant, moins inhibé. L'enseignant doit donc mettre les apprenants en confiance: la confiance et le respect de l'autorité de l'enseignant sont censés faciliter la rétention de l'information. Du coup, les apprenants sont placés dans un état "d'infantilisation". Mais, l'enseignant doit profiter de toutes les occasions qui se présentent pour leur montrer qu'ils sont en mesure de réussir, qu'ils peuvent accomplir de grandes choses.

6. L'enseignant: un conseiller

Dans la méthode communautaire des langues (Curran), l'enseignant est avant tout un conseiller - et non un thérapeute. Toutefois, ses rôles peuvent varier en cours de route, c'est-à-dire au cours des cinq stades de développement énumérés ci-dessus. Par exemple, il peut être amené à structurer certaines activités, à donner des directives, etc. Il aide l'élève à comprendre ses propres difficultés, à résoudre ses propres problèmes. Il doit

veiller à fournir un environnement "sécuritaire", favorisant ainsi l'apprentissage.

B) TYPES DE RELATIONS D'ENSEIGNEMENT

Trois grands types de relations d'enseignement peuvent être dégagés parmi les neuf méthodes ou approches étudiées.

1. P - E

Le type le plus fréquent de relation d'enseignement est sans aucun doute la relation P - E, allant dans le sens de l'enseignant ou du professeur (P) vers les apprenants ou les élèves (E). Par exemple, dans la méthode audio-orale, il y a interaction entre l'enseignant et les apprenants, mais c'est toujours suivant les directives de l'enseignant (dans le sens P - E, et non l'inverse).

Ce type de relations se trouve non seulement dans la méthode audio-orale mais aussi dans la méthode situationnelle et dans la méthode SGAV.

2. P - E et E - E

Dans l'approche communicative, l'enseignant suggère diverses activités de communication. Comme on l'a vu, il doit fournir un environnement linguistique riche et varié, en suggérant des situations de communication stimulantes, etc.

Par ailleurs, outre ce rôle plus traditionnel, l'enseignant agit souvent en tant que co-communicateur avec les apprenants. De plus, il incite les apprenants à agir entre eux très souvent (dyades, triades, petits groupes, groupes moyens, etc). Il vise à favoriser parmi les apprenants le maximum d'interactions entre eux.

Des rôles semblables se rencontrent également dans la méthode suggestopédique: d'un côté, l'enseignant représente l'autorité mais, d'un autre côté, à mesure que les apprenants progressent dans leur maîtrise de la langue seconde, ils peuvent prendre eux-mêmes l'initiative des interactions entre eux.

Ces doubles rôles se retrouvent, mutatis mutandis, dans l'approche naturelle (Krashen et Terrell) et dans la méthode par le mouvement (Asher).

3. E - E

Dans la méthode communautaire (Curran), comme l'enseignant est surtout un conseiller, ce sont les interactions entre les apprenants qui sont privilégiées. Afin de ne pas intimider les apprenants, l'enseignant doit veiller à ne pas s'imposer, avec son savoir et son pouvoir: c'est pourquoi il se tient derrière les apprenants plutôt que devant la classe. Il se tient en dehors du cercle formé par l'ensemble des apprenants. C'est l'apprenant qui décide quoi dire, et quand le dire.

En outre, l'enseignant accepte ce que les apprenants disent et montre qu'il les comprend de manière à créer une atmosphère de relaxation et d'éviter de la part des apprenants le recours à des mécanismes de défense susceptibles d'inhiber l'apprentissage. Il se doit d'encourager l'initiative et l'indépendance des apprenants. Il laisse des temps de pause, des temps de réflexion. Les apprenants travaillent le plus souvent en sous-groupes, de manière à développer leur sentiment d'appartenance à la "communauté" de la classe.

Dans la méthode par le silence (Gattegno), l'enseignant reste en grande partie silencieux: lorsqu'il intervient, ce n'est pas pour servir de modèle aux apprenants mais bien pour donner des indices. Par ses moments de silence, l'enseignant vise à encourager les apprenants à s'entraider, dans un climat de coopération plutôt que de compétition.

En somme, les six grands types de rôles attribués à l'enseignant se répartissent ainsi dans les neuf méthodes ou approches retenues aux fins d'analyse:

Rôle de l'enseignant	**Interaction**	**Méthode ou approche**
• un modèle	P - E	audio-orale
	P - E	situationnelle
	P - E	SGAV
	E - E	communautaire
• un facilitateur	P - E et E - E	communicative
	P - E et E - E	naturelle
• un metteur en scène	P - E et E - E	par le mouvem...
• un technicien	E - E	par le silence
• un représentant de l'autorité	P - E et E - E	suggestopédique
• un conseiller	E - E	communautaire

Ces rapprochements étant faits, il semble maintenant possible de regrouper dans un seul tableau l'ensemble de ces fondements - linguistiques, psychologiques et didactiques - en rapport avec chacune des méthodes ou approches retenues:

Méthode ou approche	**Conception de la langue**	**Psychologie**	**Rôle de l'enseignant**	**Interaction**
Situat. (1930)	formelle	behavioriste	modèle	P - E
Audio-orale (1950)	formelle	behavioriste	modèle	P - E
SGAV (1955)	formelle	gestaltiste	modèle	P - E
Suggesto (1965)	formelle	suggestopéd.	autorité	P - E et E - E
Silence (1965)	expressive	développement.	technicien	E - E
Mouvement (1965)	sémantique	neurofonction.	metteur en scène	P - E et E - E
Communicat. (1975)	pragmatique	cognitive	facilitat.	P - E et E - E
Communaut. (1975)	interaction.	developpement.	conseiller	E - E
Naturelle (77/83)	sémantique	du moniteur	facilitat.	P - E et E - E

Comme on aura pu facilement s'en rendre compte, faire une synthèse des fondements des grands courants en didactique des langues secondes ou étrangères n'est pas une tâche aisée, compte tenu de l'état embryonnaire dans lequel se trouve la didactique des langues secondes (et l'étude de l'éducation). On excusera donc le caractère tout à fait provisoire et hypothétique de la présente synthèse personnelle des grands courants dans le domaine. D'autres regroupements seraient possibles. Par exemple, on aurait pu effectuer tous les regroupements suggérés à partir des trois grands courants (linguistique, psychologique et intégré) donnés au début de ce texte. Mais, comme il ne s'agit, dans chacun de ces regroupements, que de points de vues différents et complémentaires sur un même objet d'étude, toute autre tentative de regroupement par affinités risquait de multiplier les points de vue et, partant, d'entrainer la confusion. On vaudra donc bien se contenter des quelques points de vue présentés ici, en ne perdant pas de vue que d'autres types d'analyse et de regroupements auraient été tout à fait possibles, voir même préférables...

RÉFÉRENCES

Besse, Henri (1985). *Méthodes et pratiques des manuels de langues*. Paris: Crédif.

Legendre, Renald (1988). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. Paris-Montréal: Larousse.

Richards, Jack C., Rodgers, Theodore S. (1986). *Approaches and Methods in Language Teaching*. Cambridge: Cambridge University Press.

Diller, Karl C. (1978). *The Language Teaching Controversy*. Rowley, Mass.: Newbury House Publishers.

La vulgarisation scientifique par la bande dessinée

par Yves Girault
Université de Montréal

Séminaire sur la Représentation

9 février 1990 - n° 43

CIRADE, UQAM, février 1990

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR.

La vulgarisation scientifique par la Bande dessinée
un mythe ou une réalité?

par Yves Girault
Université de Montréal

Séminaire sur la représentation
9 février 1990

Je remercie vivement Ginette Lambert pour la patience
qu'elle a déployée pour
la réalisation de ce document.

La Vulgarisation Scientifique par la Bande dessinée
un mythe ou une réalité

Pour répondre au désir croissant d'un public large et hétérogène, à saisir les notions scientifiques, les "vulgarisateurs" disposent d'un éventail très large de moyens médiatiques, dont les livres scientifiques.

Cependant, des travaux de recherche en didactique (Giordan A., Devecchi G.[1]) ont montré que, le plus souvent, les résultats obtenus ne sont pas du tout conformes à l'attente des auteurs. Ainsi, la principale conclusion des premières journées d'études de Chamarande sur le livre scientifique, était sans appel: "*Les livres scientifiques, pour enfants, ne sont ni scientifiques, ni pour les enfants*"[2].

Parmi les nombreux moyens utilisés pour sensibiliser et informer un public très varié, il semble tout à fait naturel que des auteurs aient pensé utiliser la bande dessinée, étant donné le succès qu'elle remporte auprès du public. Alors que, depuis quelques années, nous assistons à une relative profusion de B.d. scientifiques francophones, il nous apparait intéressant d'effectuer, pour la première fois et de façon systématique, une réflexion et des évaluations à son sujet, en essayant de répondre aux questions suivantes.

- La B.d. scientifique existe-t-elle réellement?
- Qui sont les auteurs de B.d. scientifique? et comment travaillent-ils?
- La B.d. est-elle populaire?
- La B.d. scientifique est-elle lisible et compréhensible?

---

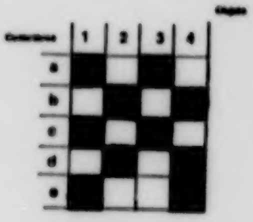
[1] Giordan A., Devecchi G. Les origines du savoir, ed. Delachaux Niestle 1987.

[2] La Recherche no 180, février 1980.

I LA BANDE DESSINEE SCIENTIFIQUE EXISTE-T-ELLE REELLEMENT?

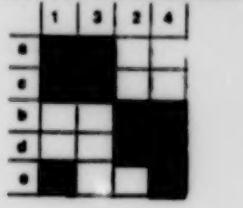
Il nous paraît inopportun de poser d'emblée une définition stricte de la B.d. scientifique, que l'histoire se chargerait de contredire bientôt. Nous avons donc préféré chercher à mettre en évidence ses caractéristiques à partir d'une double interrogation sur la vulgarisation du savoir scientifique d'une part et sur l'évolution du genre B.d. d'autre part. Nous avons donc retenu dans un premier temps 16 caractères propres à la B.d. et 22 autres propres à la vulgarisation scientifique. Une analyse graphique[3] nous a finalement permis de cerner et de ne retenir que les 21 caractères discriminants, ces caractères permettent de différencier, dans l'ensemble des albums retenus, ceux dont la B.d. est un alibi, ceux dont la science est un alibi, des réelles B.d. scientifiques.

1.1 Principe et intérêt de l'analyse graphique



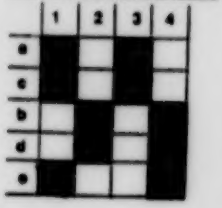
Pour constituer le tableau, les lignes (qui représentent les caractères) et les colonnes (qui représentent les objets) sont écrites dans un ordre arbitraire.

RAPPROCHEMENT
DES COLONNES SEMBLABLES



On peut choisir des dispositions (ordres particuliers) qui mettent en évidence les particularités des liasons albums caractères, en plaçant côte à côte des colonnes semblables et d'autre part en amenant côte à côte des lignes semblables. Ainsi lorsque deux caractères ont sensiblement les mêmes réponses, on les rapproche.
Ex: (a et c et b et d). De même lorsque deux objets (colonnes) présentent des dispositions analogues on les rapproche. Ex: (1 et 3 d'une part et 2 et 4 d'autre part). Ces opérations sont appliquées successivement aux lignes et aux colonnes. Elles permettent de mettre en évidence les caractères discriminants des différentes classes, (dans notre exemple a et b et b et d), et d'éliminer les caractères non discriminants. (ex: e). Nous aurions pu formaliser d'un point de vue mathématique, d'une façon plus complète ce choix de caractères (ex: calcul des indices de concordance) mais cela ne nous intéresse pas dans notre application. Les résultats de l'analyse graphique nous paraissent en effet plus facilement lisibles pour un grand nombre de personnes.

RAPPROCHEMENT
DES LIGNES SEMBLABLES



---

[3] Bertin, Le traitement visuel de l'information in Media 73-74, 1.6, 1975 voir aussi Informatique et méthodes graphiques in Informatiques et sciences humaines, no 52, pp. 10-23, 1982.

Formation d'une grille initiale

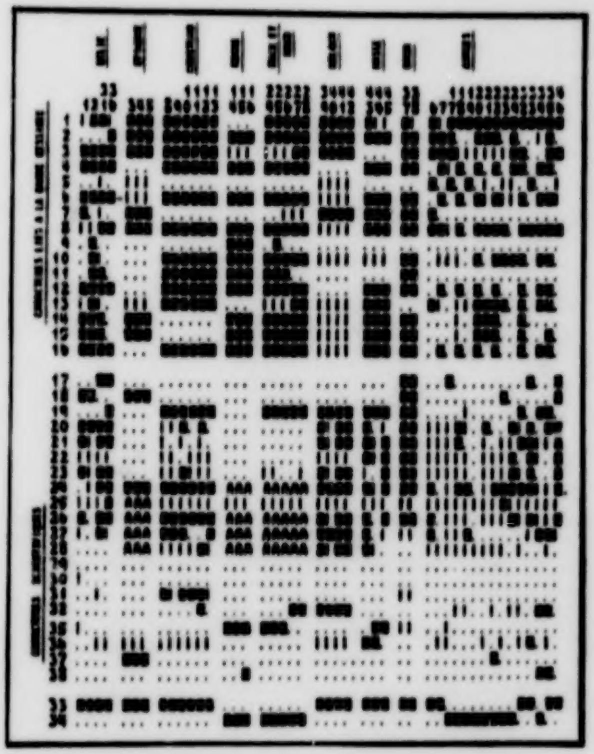
Nous avons donc analysé 44 albums selon 38 caractères. Les résultats sont portés dans une grille initiale (Tableau 1) où figurent en colonnes les 44 albums répartis en collection, et en lignes les 38 caractères. Pour faciliter la lecture du tableau, nous avons séparé les caractères propres à la B.d. (notés de 1 à 16) au dessus des caractères propres au livre scientifique (notés de 17 à 38). Une ligne vide sépare ces deux sous-ensemble. Les collections sont également séparées par une colonne blanche.

Enfin, quand nous avons inscrit la lettre A, c'est que la question n'a aucun sens pour l'album retenu. Exemple: pour le caractère 28, le vocabulaire spécialisé est: surabondant, satisfaisant, ou riche mais bien expliqué. Nous ne pouvons répondre si l'album ne possède aucun mot scientifique comme ceux de Nick et Maud (nos 24-25-26-27-28).

TABLEAU I

GRILLE D'ANALYSE - BANDES DESSINEES SCIENTIFIQUES

Classement par collection



<u>Commentaires du tableau 1</u>

* Certaines collections comme la série publiée par Roche (no 14, 15, 16) et celle publiée par les Editions Epigones (no 3, 4, 5) sont respectivement <u>totalement homogènes</u>.
* D'autres albums comme la série Cousteau (no 8, 9, 10, 11, 12, 13), les albums de Moloch (no 39, 40, 41, 42) ou les albums du BRGM (no 37, 38) sont respectivement <u>très homogènes</u>.
* Au contraire, la série de bandes dessinées Biologie publiée chez Belin (no 1, 2, 31, 36) est <u>très hétérogène</u>. Qu'en serait-il si nous avions mis dans la grille des albums de Rose Polymath ou de Jean-Pierre Petit (bandes dessinées de mathématiques et de physique parus chez le même éditeur)?
Nous pouvons donc retenir déjà cette particularité de la collection Belin (hétérogénéité) qui à notre avis est un élément fondamental qui nuit au développement important des ventes de cette collection.
Pour pouvoir prolonger notre étude, et l'étendre aux bandes dessinées n'appartenant pas (encore ?) à des collections, nous allons maintenant étudier la grille établie après avoir effectué un traitement heuristique des données.

<u>1.2 TRAITEMENT DU TABLEAU</u>

<u>Traitement, passage de T1 et T2</u>

Nous avons appliqué à ce tableau initial le traitement graphique que nous avons décrit précédemment (permutation des lignes d'une part et des colonnes d'autre part).

Ce traitement a été réalisé au laboratoire de graphique de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales avec la participation de Roberto GIMENO (Logiciel T.M.C.).

Notons que dans ce travail, les albums sont pris individuellement, il n'est donc pas tenu compte, à priori, de l'appartenance ou non à une collection. De même, les caractères sont pris, individuellement en donnant, à priori, à chacun d'eux, la même importance.

Le résultats final constitue le Tableau II (page 5).

<u>Commentaires du tableau final</u>

D'un premier coup d'oeil, nous pouvons voir qu'il existe trois grandes classes de B.d. scientifiques (ici des colonnes), dont deux d'entre elles sont elles-mêmes divisées en sous-classe. Avant de nous attarder sur leur étude, nous devons définir clairement les regroupements de caractères, que nous avons effectués (les lignes).

Tout d'abord, il apparait très nettement une césure qui sépare les caractères propres à la B.d. (en haut) des caractères scientifiques (en bas).

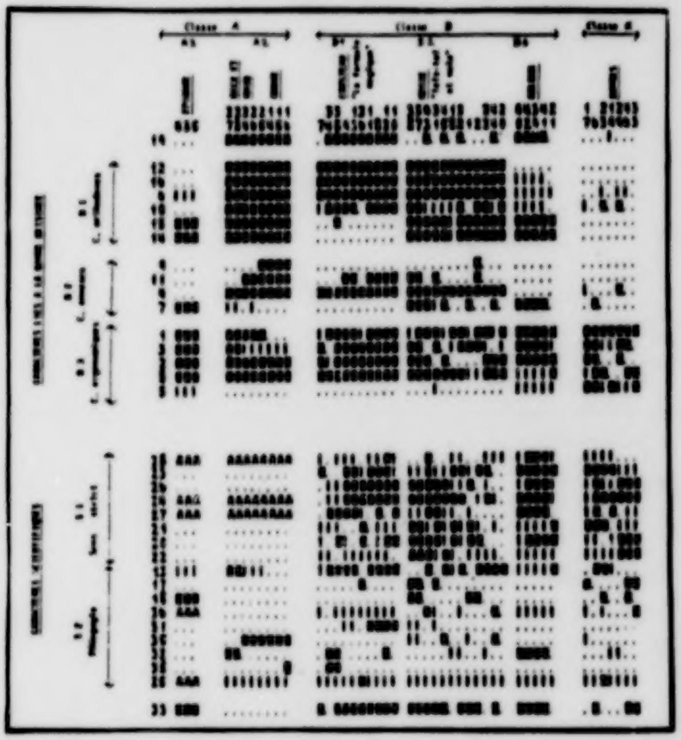
LES CARACTERES LIES A LA BANDE DESSINEE

Ils ont été regroupés selon leur importance définie par MOLITERNI[4]. Nous avons ainsi en premier lieu <u>les caractères orthodoxes de la B.d.</u> (notés D1). Il s'agit :

- de l'importance des dialogues par rapport au texte (ligne 12),
- les personnages agissent et parlent (ligne 16),
- le texte est situé dans des bulles (ligne 6),
- le rôle de l'histoire est important (ligne 10),
- il y a de nombreux codes bande dessinée texte (ligne 15),
- il y a de nombreux codes bande dessinée dessin (ligne 14).

TABLEAU 11

GRILLE D'ANALYSE DES BANDES DESSINEES SCIENTIFIQUES



---

[4] Moliterni <u>La Bande dessinée et la figuration narrative</u> Musée des arts décoratifs (catalogue de l'exposition) Paris 1967.

Nous avons réuni dans le deuxième groupe des aspects qui ne sont pas propres à la B.d., mais que l'on retrouve souvent dans ces albums. Nous les qualifierons de "caractères annexes" (notes D2). Il s'agit :
-suspens (ligne 9),
-aventure (ligne 11),
-présence d'un héros (ligne 4),
-humour (ligne 7).

Enfin, nous avons réuni dans le troisième groupe des aspects liés à la présentation, la mise en page de l'ouvrage, nous les intitulerons "les aspects ergonomiques" (Notes D3). Il s'agit :
-de la couverture (ligne 1),
-de la couleur (ligne 2),
-du nombre de pages (ligne 3),
-de la mise en page (ligne 8),
du texte sous-jacent aux images (ligne 5).
etc...

LES CARACTERES LIES A L'ASPECT SCIENTIFIQUE

Nous avons réparti ce groupe de données en deux sous-groupes. Pour le premier, il s'agit de caractères scientifiques au sens strict (notés S1) :
-emploi de vocabulaire spécialisé (28),
-notions scientifiques abordées (23),
-densité de l'information (26),
-valeur de l'information (24),
-qualité de l'information (27),
-pourcentage de pages avec infos scientifiques (21),
-nombres de mots scientifiques (20)
-nombres de mots scientifiques dans les 5 premières pages (22).

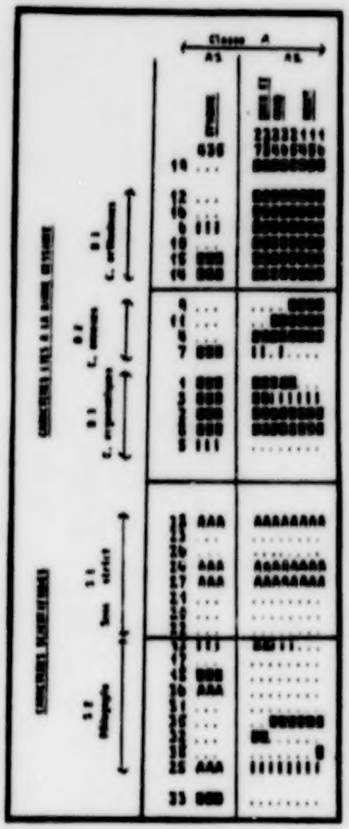
Dans le deuxième sous-groupe, nous avons des caractères qui se rapportent plus à la pédagogie (notes S2). Les plus importants sont :
-les mots scientifiques sont expliqués (36),
-prise en compte des méthodes du savoir scientifique (31),
-utilisation de l'analogie (35),
-il existe des jeux, des questions (38).

1.3 ANALYSE DES RESULTATS

Notre analyse nous conduit à une répartition des albums considérés comme B.d. scientifiques en trois classes auxquelles nous proposons pour chacune d'elles un titre qui nous parait les caractériser au mieux.

<u>**Analyse de la classe A**</u> : "La science alibi". D'un premier coup d'oeil, nous pouvons aisément observer que les albums retenus dans cette classe, s'ils ont pour la plupart d'entre eux de nombreux caractères B.d., n'ont pratiquement aucun caractère scientifique. Il nous semble donc que nous pouvons dire qu'il ne s'agit pas de bandes dessinées scientifiques. Nous avons également divisé cette classe en sous-classes par caractère D1, D2, D3. Dans la première (A1), nous trouvons uniquement les albums de la série Epigones qui se différencient notamment des autres par l'absence de critères propres à la B.d. :

-importance des dialogues par rapport au texte (12),
-les personnages agissent et parlent (16),
-rôle de l'histoire important (10).



Ces albums ne sont pas scientifiques et il ne s'agit pas non plus de bandes dessinées.

Dans le deuxième sous-groupe A2, nous trouvons les albums de la <u>série Mick et Maud</u> et les albums publiés par les laboratoires Roche.

Il est intéressant de voir à quel point ces albums qui ont des buts tres différents paraissent cependant être très homogènes :
(<u>Mick et Maud</u> * Prévention drogue pour des élèves de CM 2 et 6ème.
<u>Roche</u> * Promotion d'un produit pharmaceutique pour des médecins traitants.)

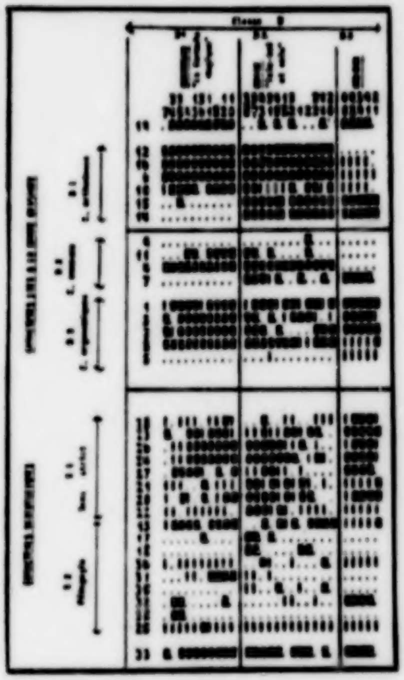
Ils ont, en effet, en commun tous les caractères orthodoxes de la B.d. (D1) et de nombreux autres caractères annexes (D2 et D3). De ce fait, aucun doute n'est possible, il s'agit bien d'albums de bandes dessinées. Cependant, nous pouvons également voir aisément qu'ils n'ont pas de caractère scientifique et qu'ils ne peuvent donc en aucune mesure appartenir à la bande dessinée scientifique (voir page précédente).

En effet, ces deux séries d'albums sont basées sur le principe de l'analogie. Mais, il ne s'agit pas d'une simple analogie présentée, au cours de l'histoire, pour contribuer à une explication comme c'est le cas dans l'album <u>La grande gratouille</u>. Dans ces albums, toute l'histoire fonctionne sur le principe de l'analogie. Ainsi, aucun terme scientifique n'est abordé

vraiment, tout est est sous-entendu notamment par des jeux de mots. Dans les albums des laboratoires Roche, par exemple, les quartiers principaux où se déroulent les combats sont Rhine-haut, Bronchy, Laryngol, etc... qui peuvent bien évidemment évoquer des foyers d'infection. De même, dans la série Mick et Maud, les drogués sont des Drogs, les dileurs, des dileurks. La drogue est "un produit", rien n'est abordé clairement, tout est sous-entendu.

Nous qualifierons cette série par les qualificatifs de: B.d. et analogie scientifique.

Analyse de la classe B: "Les bandes dessinées scientifiques".
La deuxième grande classe regroupe les albums qui méritent à notre avis le qualificatif de B.d. scientifiques.



Pourquoi ce qualificatif de B.d.scientifiques?

En regardant le tableau, il apparait très clairement que l'ensemble de ces albums ont un grand nombre de caractères B.d., ce qui leur conférent sans problème le qualificatif de bande dessinée et ils ont également un grand nombre de caractères scientifiques.

Cependant nous pouvons répartir cette classe en trois sous-classes. Celles-ci (B1, B2, B3) sont surtout établies en fonction des caractères B.d. qui paraissent ici plus discriminants que les caractères scientifiques qui sont plus homogènes.

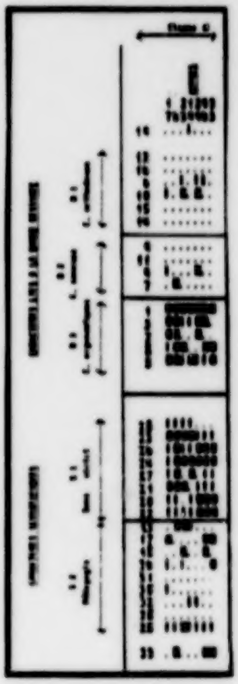
Dans la première sous-classe (B1), les albums ont en commun pratiquement tous les caractères orthodoxes de la B.d. (D1) excepté les 15 et 16, c'est-à-dire les codes bandes dessinées textes et dessins. Il s'agit donc sans nul doute de bandes dessinées mais relativement traditionnelles, telles qu'elles existaient il y a une quinzaine d'années (et encore car Hergé utilise de façon très courante ces codes dans les aventures de Tintin).

Dans les caractères scientifiques, nous observons (excepté pour l'album La formule magique qui parait ici tout à fait atypique) une différence pour les caractères:
-20/ nombre de mots scientifiques,
-21/ pourcentage de page avec mots scientifiques,
-22/ nombre de mots scientifiques dans les premières pages.

Nous pouvons remarquer qu'il s'agit également pour la plupart d'entre-eux d'albums d'aventure. Ces deux remarques nous permettent d'attribuer à ces albums le qualificatif "d'aventure scientifique".

La deuxième sous-classe (B2) regroupe des bandes dessinées ayant quasiment tous les caractères B.d. et tous les caractères scientifiques. Nous sommes donc tout à fait dans le cadre de la B.d. scientifique. Il est intéressant de noter qu'il n'existe pas de différences significatives entre le pourcentage d'auteurs scientifiques et/ou enseignants qui ont rédigé ces albums par rapport aux autres sous-groupes.

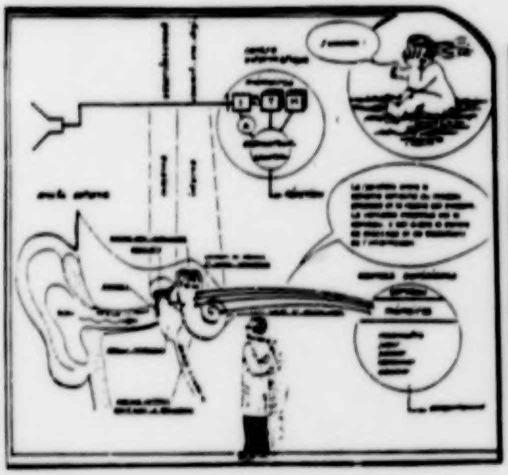
La troisième sous-classe (B3) regroupe les albums de Moloch dont il apparaît très nettement qu'ils revêtent moins de "caractères bandes dessinées orthodoxes" (D1) et caractères annexes (D2). Cependant, nous n'avons à aucun moment douté que ceux-ci appartiennent à la bande dessinée, même si les textes paraissent relativement importants par rapport aux dialogues et s'il n'y a pas une histoire tout au long de l'album. Ceci est d'ailleurs principalement dû au fait que l'auteur a voulu aborder de nombreux faits scientifiques et qu'il met en action de nombreux personnages très différents. Il s'agit d'une suite de toutes petites histoires complètement indépendantes les unes des autres. Cependant, ce n'est pas, purement et simplement de l'illustration, c'est de la B.d.

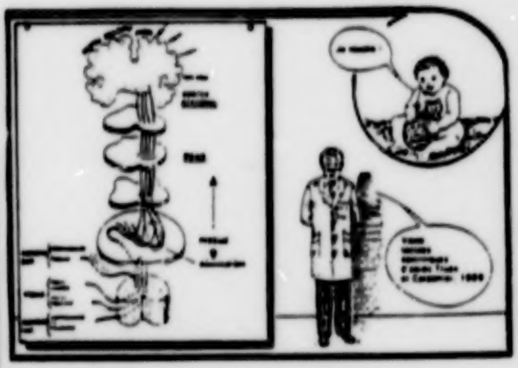


<u>Analyse de la classe C</u>
que nous pouvons intituler: "Les bandes dessinées alibis".
D'un seul coup d'oeil, nous pouvons en effet observer que ces albums revêtent bien peu de caractère bande dessinée (D1 et D2).
Les auteurs ont voulu utiliser la bande dessinée pour mieux faire passer leur message, mais ils n'ont pas réalisé de véritables bandes dessinées.

Ainsi, par son album, la psychomotricité en B.d., Joël Defontaine souhaite devenir "*L'Asterix de la psychomotricité*" "*pour être compréhensible et ouvrir la psychomotricité et ses techniques rééducatives à tout un chacun*".

L'illustration qui suit permet de nous rendre compte qu'il ne s'agit nullement de bande dessinée. Nous y reconnaissons plus aisément un polycopié dans lequel on a inséré de temps en temps une bulle avec une remarque du professeur.





1.4 UTILISATION DE LA GRILLE

REMARQUES PREALABLES - ANALYSES DES CARACTERES

Nous avons choisi d'étudier un grand nombre de caractères (38) auxquels nous portions la même valeur, car nous avons cherché à mettre en évidence les caractères discriminants d'une part et les relations qui pourraient exister entre deux ou plusieurs caractères d'autre part.

Les facteurs contrôlés

Quelques caractères qu'on pourrait appeler facteurs contrôlés sont définis indépendamment de toute réalisation de la publication et se rattachent à des modalités de réalisation et de diffusion:

17 - Auteur scientifique
18- Auteur enseignant
19- Auteur professionnel BD.
33- Diffusé par commerce
34- Diffusé par association

L'intérêt de les avoir retenus, est de pouvoir observer à posteriori, si ces facteurs ont eu un effet significatif ou non. Pour cela, il suffit de se reporter au tableau II dans la ligne correspondant au facteur considéré (17 par exemple) pour constater si les réponses positives sont concentrées dans certaines colonnes (classes de publication) ou au contraire, diffuses sur l'ensemble de la ligne.

Résultats observés

17- Auteur scientifique: figure principalement en B2 et C (7 cas)
18- Auteur enseignant: figure en A1, B2, C (9 cas)
19- Auteur professionnel BD. est représenté partout sauf A1 et C (26 cas)
33- Diffusé par commerce: représenté partout sauf A2 (28 cas)

Caractères discriminants

Il y a, avons nous dit, surabondance de caractères: l'analyse a posteriori va permettre d'effectuer un tri. Certains ont un pouvoir discriminant faible, voire nul, lorsque les proportions de réponses favorables de ce caractère sont les mêmes (ou sensiblement les mêmes) dans chacune des classes de publication du tableau T2.

Les caractères non discriminants doivent être éliminés, car ils ne sont d'aucune utilité pour classer les publications. Tel est, tout d'abord, le cas des caractères suivants qui ont été automatiquement éliminés au cours du traitement (passage de T1 à T2), ce sont:

29- Aspect évolutif du savoir
30- Aspect qualitatif
34- Mode de diffusion association
37- Présence d'un glossaire

D'autres caractères qui n'ont pas été éliminés ont un très faible pouvoir discriminant; on peut sans inconvénient les exclure:

1- Couverture
2- Dessin couleur
3- Nombre de pages
25- Caractère actuel de l'information
38- Jeux, manipulation... (il existe trop peu de réponses)

On peut ordonner ces facteurs selon leur pouvoir discriminant croissant et la limite qui sépare les caractères rejetés des autres, relève en partie d'une appréciation personnelle inhérente à toute décision de choix.

Caractères redondants

D'autre part, plusieurs caractères peuvent être objectivement redondants, lorsqu'ils donnent les mêmes réponses pour chacun des albums (ou au moins sensiblement).

Lorsque deux ou plusieurs caractères sont redondants (exemple 14 et 15), on peut soit ne retenir que l'un deux, soit adopter une autre formulation d'un caractère qui les recouvre.

20- Nombre de mots scientifiques 21- % pages avec mots scientifiques	Nous retiendrons le 20
14- Codes bandes dessinées graphiques 15- Codes bandes dessinées textes	Nous retiendrons le 15
12- Importance dialogue / texte 16- Personnages agissent et parlent	Nous retiendrons le 16
5- Texte uniquement sous-jacent au dessin	L'affirmatif de l'un est redondant avec la négation de l'autre, nous retiendrons le6

En conséquence, dans la situation actuelle, on peut garder uniquement 21 caractères de l'ensemble initialement retenu. La nouvelle grille simplifiée T3 souligne (voir p. 13) les difficultés rencontrées par les auteurs de bandes dessinées scientifiques qui n'ont pas su ou pas voulu s'adapter aux contraintes du style bande dessinée.

En effet, sur 45 albums étudiés, 27 paraissent pouvoir appartenir réellement à la bande dessinée scientifique (Classe B) et si nous sommes très stricts, seuls 12 albums obéissent à la quasi totalité des critères retenus (sous classe B2).

D'autres caractères qui n'ont pas été éliminés ont un très faible pouvoir discriminant; on peut sans inconvénient les exclure:
1- Couverture
2- Dessin couleur
3- Nombre de pages
25- Caractère actuel de l'information
38- Jeux, manipulation... (il existe trop peu de réponses)

On peut ordonner ces facteurs selon leur pouvoir discriminant croissant et la limite qui sépare les caractères rejetés des autres, relève en partie d'une appréciation personnelle inhérente à toute décision de choix.

Caractères redondants

D'autre part, plusieurs caractères peuvent être objectivement redondants, lorsqu'ils donnent les mêmes réponses pour chacun des albums (ou au moins sensiblement).

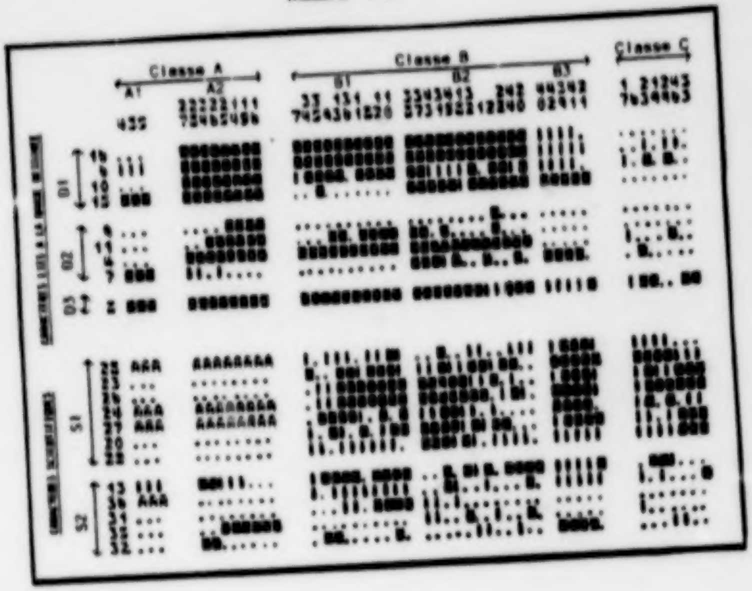
Lorsque deux ou plusieurs caractères sont redondants (exemple 14 et 15), on peut soit ne retenir que l'un deux, soit adopter une autre formulation d'un caractère qui les recouvre.

20- Nombre de mots scientifiques 21- % pages avec mots scientifiques	Nous retiendrons le 20
14- Codes bandes dessinées graphiques 15- Codes bandes dessinées textes	Nous retiendrons le 15
12- Importance dialogue / texte 16- Personnages agissent et parlent	Nous retiendrons le 16
5- Texte uniquement sous-jacent au dessin	L'affirmatif de l'un est redondant avec la négation de l'autre, nous retiendrons le6

En conséquence, dans la situation actuelle, on peut garder uniquement 21 caractères de l'ensemble initialement retenu. La nouvelle grille simplifiée T3 souligne (voir p. 13) les difficultés rencontrées par les auteurs de bandes dessinées scientifiques qui n'ont pas su ou pas voulu s'adapter aux contraintes du style bande dessinée.

En effet, sur 45 albums étudiés, 27 paraissent pouvoir appartenir réellement à la bande dessinée scientifique (Classe B) et si nous sommes très stricts, seuls 12 albums obéissent à la quasi totalité des critères retenus (sous classe B2).

TABLEAU T 3



II QUI SONT LES AUTEURS DE B.D. SCIENTIFIQUES? ET COMMENT TRAVAILLENT-ILS?

Pour analyser de manière approfondie la bande dessinée, il nous a semblé utile d'étudier la préparation et la conception des publications et pour cela de nous intéresser à leurs auteurs et à leurs motivations.

Nous avons interrogé un échantillon d'auteurs de bandes dessinées qui regroupe les auteurs qui travaillent dans les principales maisons d'édition de bandes dessinées scientifiques (Belin, Laffont, Epigones, etc...). Ils représentent à eux tous, plus de la moitié des publications d'albums existant actuellement sur le marché.

II.1 METHODOLOGIE

Nous avons mis au point un questionnaire en retenant 6 items:

-Qui fait de la bande dessinée scientifique?
-Les motivations des auteurs de bandes dessinées scientifiques.
-Les raisons du choix du média bande dessinée.
-Le choix des publics.
-Le choix des thèmes.
-Le mode de travail des auteurs.

Dans la mesure où il était possible de le faire, nous avons remis les questionnaires directement aux auteurs après avoir réalisé un long entretien non dirigé. Ceux-ci nous ont renvoyé par la suite leur questionnaire.

Dans les autres cas, nous avons envoyé le questionnaire aux auteurs qui ont, pour la plus grande partie d'entre-eux, répondu très largement à celui-ci. Nous allons successivement comparer les réponses obtenues pour les six questions.

II. 2 QUI FAIT DE LA BANDE DESSINEE SCIENTIFIQUE ?

Auteur	Conseiller	Professionnel Bandes dessinées	Dessinateur	Responsable Collection	Scientifique	Enseignant
PETIT		PETIT		PETIT	PETIT	PETIT
[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]		MILLE
MILLE						
[illegible]				[illegible]		
[illegible]				[illegible]		[illegible]
[illegible]						
[illegible]					[illegible]	
[illegible]						
[illegible]		MILLE	[illegible]			
		[illegible]	[illegible]			
		P. ROSADO	P. ROSADO			
		[illegible]	[illegible]			
			[illegible]			
	THIS			THIS	THIS	
				[illegible]		
	TESTI					

Nous avons attribué le qualificatif de scientifiques à des auteurs qui ont une spécialité reconnue. Mesdames MARIA et MILLE, professeurs de Biologie, ne rentrent donc pas dans cette catégorie, ni même Monsieur PUIG ROSADO qui se définit comme un "médecin défroqué". "l ne s'agit pas pour nous de faire de l'élitisme, mais il nous paraît important de bien différencier les auteurs

<u>spécialistes d'une discipline</u> qui sont donc à même d'être <u>garants de l'information</u> qu'ils proposent <u>en fonction de nos connaissances actuelles</u> (information de 1ère main).

De même, nous avons attribué le qualificatif de professionnels de la bande dessinée à des personnes (auteurs, dessinateurs) qui ont d'autres types de publications dans le domaine de la bande dessinée. C'est pourquoi, par exemple, nous n'y avons pas mis J-P. PETIT qui est pourtant l'auteur de 13 bandes dessinées scientifiques.

II.3 <u>LES MOTIVATIONS DES AUTEURS DE BANDES DESSINEES SCIENTIFIQUES</u>

La première motivation qui revient est de faire passer un savoir, publier des idées personnelles. Pour Goyallon, il s'agit d'abord *"de partager un savoir parfois austère d'une manière captivante et plaisante"*. C'est aussi l'opinion de Tavlizki qui se propose *"de tenter de transmettre des idées simples"*.

Cependant deux auteurs insistent sur le rôle important que joue l'humour. Pour Moloch *"l'humour est tout puissant et peut faire passer un message rébarbatif"* et Puig Rosado rajoute: *"Apprendre dans l'humour"*.

Mis à part ces motivations didactiques, on remarquera une motivation artistique dans la démarche de MASSE. *"La science est pour moi un prétexte pour faire... de la poésie. Je ne cherche pas à être cohérent, mais j'ai l'honnêteté de ne pas trahir la science... Il s'agit d'une <u>approche sensible</u>"*.

Enfin, deux auteurs n'avaient pas de motivation précise, ils se sont simplement soumis à un contrat qu'on leur proposait.

II.4 <u>LES RAISONS DU CHOIX DU MEDIA BANDE DESSINEE</u>

Quatre grandes idées ressortent:

1) importance de l'impact auprès des enfants (6 fois citée).
2) les dessins peuvent faire passer des notions difficiles (2 fois citée).
3) la bande dessinée est peu onéreuse pour l'investissement (2 fois citée).
4) la bande dessinée peut permettre la sensibilisation à ... (1 fois citée).

II.5 <u>LE CHOIX DES PUBLICS</u>

Sur cet aspect du choix du public, nous avons des avis très divergents. Tout d'abord, certains pensent qu'il faut absolument cibler son public dans le cadre de la bande dessinée scientifique.

Moliterni : *"Toutes les bandes dessinées didactiques doivent être ciblées, car elles ne séduisent pas le vrai lecteur de bandes dessinées. Dans le cas contraire, il existe trop de risque financier pour l'éditeur sauf si un organisme sponsorise l'opération"*.

Au contraire, deux auteurs s'opposent au principe de ce ciblage.

Moloch : *"Le ciblage par tranche d'âge est une erreur grossière et classique. Chacun trouve dans une dessin ce qui lui plait. Exemple: Le Private Joke de la bulle va faire rire l'érudit en la matière et la tronche du personnage, un autre lecteur, alors qu'un autre va chercher le petit détail insolite à l'arrière plan".*

Puig Rosado : *"Il faut susciter la curiosité et l'intérêt du plus grand nombre, c'est mieux que d'être trop bébête... Je ne pense pas au début vouloir intéresser, je pense d'abord 'a la qualité de mon travail... Si ça attire, c'est que je fais bien mon boulot et non que je veux attirer...Je ne choisis pas de public mais il me choisit, on a le public que l'on mérite".*

Il est intéressant de rappeler que ces deux auteurs ont en point commun l'humour.

Chez les auteurs qui souhaitent cibler leurs ouvrages, la tranche d'âge qui revient le plus souvent est de 8 à 12 ans (6 fois citée) et la tranche d'âge 11-13 ans (1 fois citée). Notons que des auteurs ont ciblé une catégorie socio-professionnelle: les médecins (2 fois).

Enfin, nous souhaitons souligner une divergence flagrante qui existe dans la collection Belin. En effet, Hervé THIS, responsable de la collection, lui même scientifique (Physique, Chimie, mais très intéressé par les mathématiques), se considère comme le lecteur type de sa collection qu'il prédestine aux étudiants, chercheurs, ingénieurs. "*Il s'agit de vulgarisation scientifique de haut de gamme*" (THIS). C'est pourquoi, l'éditeur a choisi de publier ces albums en noir et blanc car le lecteur potentiel est plus faible et donc il faut minimiser les risques. La Société Belin assure d'ailleurs la promotion de ses albums dans la revue "Pour la science". Comment se fait-il que, dans ce contexte, différents albums comme: La grande gratouille, A la recherche des dinosaures, La formule magique, La migration des oiseaux, tous prédestinés par les auteurs pour des enfants de 8 à 12 ans, aient pu être inclus dans cette collection? Cette diversité, sur laquelle nous reviendrons, ne peut que gêner le lecteur qui abordera de manière très différente La grande gratouille par exemple, l'album dans lequel il n'y a pas de concepts développés et Lanturlu qui regorge de notions très abstraites.

II.6 LE CHOIX DES THEMES

Nous observons ici deux types de réponses qui correspondent toutes à l'origine professionnelle des auteurs soit issus du monde de la bande dessinée, soit issus de milieu scientifique.

Dans la premier cas, ce ne sont pas eux qui fixent les thèmes et ils répondent uniquement à une demande (Moloch, Lacombe, Champeaux, Puig Rosado).

Dans le deuxième cas, le thème est fixé par la spécialité de l'auteur ou de l'organisme dans lequel il travaille. C'est le cas de PETIT (Physicien CNRS), de GOYALLON qui est Géologue au B.R.G.M. "*Le scénario est fixé: c'est le passé de la terre. Il faut uniquement sélectionner, les faits marquants et essentiels, pour la compréhension de l'évolution et des théories suggérées par les scientifiques*". C'est également le cas de SERAFINI qui doit relater les aventures Cousteau. "*Pas de fiction, pas de violence, pas de sexe, on colle à la réalité des expéditions Cousteau*".

II.7 LE MODE DE TRAVAIL DES AUTEURS

Nous diviserons dans cette étude ceux qui travaillent avec des spécialistes et ceux qui travaillent avec des enseignants.

Un travail avec des spécialistes

Il est en premier lieu tout à fait frappant de noter que la bande dessinée n'apparaît pas comme une spécialité. En effet, si de nombreux auteurs issus du milieu bande dessinée s'intéressent à trouver des informations scientifiques, aucun auteur du milieu scientifique n'a effectué la démarche dans le sens inverse. Seul SERAFINI depuis deux albums demande des conseils à MOLITERNI. Cette situation nous paraît regrettable car elle nuit à la qualité et à l'intérêt de la publication.

En deuxième lieu, nous remarquons que certains auteurs travaillent d'abord avec des spécialistes scientifiques, mais ensuite ils rédigent seuls leurs albums (Moloch, Puig Rosado, Mille, Goyallon, Lacombe).

D'autres enfin, écrivent d'abord le scénario qu'ils font vérifier par des spécialistes (Moliterni, Davot). "*On ne peut pas travailler avec des gens qui n'ont pas l'esprit bande dessinée*" (MOLITERNI).

Un travail avec des enseignants

Tous ceux qui répondent OUI à cette question précisent par la suite qu'ils sont eux-mêmes enseignants, soit dans le secondaire, soit dans le supérieur (Mille, David, Petit, Tavlizki...).

En conclusion, nous pouvons remarquer qu'il existe une barrière qui paraît difficilement franchissable entre les professionnels de la bande dessinée et le monde des scientifiques. Il s'agit certainement là d'un des principaux problèmes à résoudre pour donner plus d'intérêt à la bande dessinée scientifique, qui doit associer des qualités de présentation matérielle (travail du spécialiste bandes dessinées) à un contenu scientifique adapté (travail scientifique et pédagogique).

III LA BANDE DESSINEE EST ELLE POPULAIRE?

La majorité des "partisans" de la B.d. scientifique pense qu'il s'agit d'un moyen de communication et de diffusion du savoir très populaire aux regards des journaux spécialisés, des musées, des expositions... Nous avons donc tenter, à travers trois études complémentaires, d'évaluer l'impact séducteur de la bande dessinée dans l'utilisation et la diffusion même de la B.d. scientifique.

III.1. ENTRETIENS AVEC DES JEUNES

Méthodologie

Le but de ces entretiens est d'évaluer l'intérêt que peuvent éprouver des jeunes en feuilletant des albums de bandes dessinées scientifiques. Nous avons donc volontairement choisi 5 albums très différents quant aux thèmes qu'ils traitent et à leur mise en page. Nous avons de plus proposé un album "Eléphantillage" qui n'appartient pas réellement au style bande dessinée.

Pour effectuer ces entretiens libres, nous avons choisi 15 jeunes (garçons et filles de 16 à 24 ans) issus de milieux socio-économiques différents et qui s'orientent vers des professions très variées (études supérieures, enseignements techniques, commerciales... ou ils sont déjà entrés dans la vie active). Sans fixer aucune limite de temps, nous leur avons proposé l'ensemble des 6 albums pour <u>qu'ils les feuillettent sans les lire réellement</u>. Il s'agit en fait du comportement de tout lecteur de bandes dessinées qui, dans une bibliothèque, dans une librairie, sélectionne un ou plusieurs albums. Nous avons donc souhaité analyser les critères retenus par nos lecteurs pour choisir les albums de bandes dessinées scientifiques. Par la suite, ceux-ci ont noté les albums (de 1 à 6) selon leur préférence en notant 6 pour ceux qu'ils préféraient et 1 pour l'album qu'ils aimaient le moins. Pour éviter un comportement d'imitation, tous ces entretiens ont été effectués avec une seule personne à la fois.

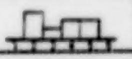
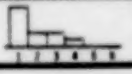
TITRES	Notes observées	Histogramme de notes	Observations
Le galion englouti COUSTEAU	6 3 6 6 6 6 2 6 5 6 5 5 6 6 6		concentrées sur 6
La grande gratouille	3 5 3 2 5 5 6 6 4 2 4 2 2 3 2		dispersées de 2 à 5
Sais-tu comment naissent les enfants ?	3 1 4 5 2 1 5 3 3 5 5 4 3 4 3		dispersées de 1 à 5
Le sanglier	2 2 1 3 4 4 3 5 2 4 2 5 5 5 6		dispersées de 1 à 6
Eléphantillage	4 5 5 4 1 2 6 1 6 3 3 3 4 2 5		dispersées de 1 à 6
La formule magique	1 4 2 1 3 3 1 2 1 1 1 1 1 1 1		concentrées sur 1

Tableau récapitulatif des notations effectuées par 15 jeunes

D'après les résultats obtenus, nous pouvons former trois groupes bien distincts.

REMARQUES

* Le premier ne contient que la bande dessinée COUSTEAU qui arrive très largement en tête (ces résultats confirment tout à fait d'autres enquêtes menées auprès de plus jeunes enfants). Dans les arguments donnés par les personnes interrogées pour justifier ce choix, trois aspects reviennent très souvent:

Le premier est sans aucun doute l'aura du Commandant Cousteau
- *"C'est une bande dessinée digne de porter ce nom".*
- *"C'est le nom de Cousteau qui m'attire déjà".*

Le deuxième est lié à la notion d'aventure
- *"C'est typiquement une bande dessinée d'aventure pour des enfants de 13 ans, mon cousin en raffole".*
- *"C'est la seule que j'acheterai, y'a de l'aventure".*
- *"C'est une réelle bande dessinée avec de l'aventure".*

Le troisième est lié à la mise en page, au graphisme
-*"J'aime bien les dessins qui sont bien faits".*
-*"Ca, ç'est de la vraie bande dessinée, mais Cousteau n'est pas beau, ils auraient pu faire un beau Cousteau".*
-*"J'ai bien envie de la lire, la présentation est agréable et puis, il y a une histoire, de l'aventure. C'est pas très scientifique, on se casse pas la tête à réfléchir. Je pense que c'est pour les garçons, y'a que des hommes là-dedans".*
-*"J'aime bien les dessins, mais ils auraient pu faire un beau Cousteau".*
-*"Les dessins sont chouettes, bien dessinés".*

Les deux personnes qui rejettent à priori cet album motivent également leur choix sur un critère propre à la bande dessinée: l'imaginaire.
-*"C'est pas mal, mais les dessins sont trop réels, y'a pas d'imaginaire".*

* Dans le deuxième groupe, nous avons 4 albums qui ont obtenu pratiquement le même score:

-<u>Eléphantillage</u>
-<u>Sais-tu comment naissent les enfants?</u>
-<u>La grande gratouille</u>
-<u>Le sanglier et l'homme</u>.
Cependant, les motifs qui ont entrainé ce classement divergent quelque peu.

- Pour l'album <u>Elephantillage</u>, la majorité des jeunes disent d'abord qu'il ne s'agit pas du tout d'une bande dessiné (ceci confirme tout à fait notre point de vue).
-*"Je n'appelle pas ça une bande dessinée. Pour moi, dans une bande dessinée, il y a des cadres et des bulles".*
"Ce n'est pas une bande dessinée, mais une illustration humoristique".

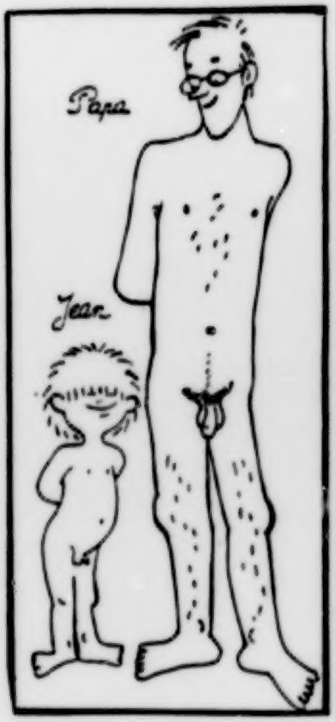
Cette remarque correspond tout à fait à la définition que fait l'auteur de son album.
Le deuxième aspect retenu est celui des dessins mais nous avons obtenu des avis contradictoires.
- *"Y'a de l'humour, c'est pas très bien dessiné, mais j'apprends quelque chose".*
- *"Je n'aime pas ces dessins et cette écriture tremblante".*
- *L'écriture du dessinateur n'est pas belle".*
-*"C'est un bon cours de zoologie, très bien illustré avec beaucoup d'humour".*
-*"J'aime bien les dessins, les couleurs pastelles".*

Enfin, plusieurs lecteurs trouvent qu'il existe un décalage important entre les dessins et le texte.
- *"Oh là là, ce n'est pas pour des gamins. La préface s'adresse à des adultes. A qui ça s'adresse? Il y a une contradiction entre les dessins naifs pour les jeunes et le texte dur à comprendre (grimace)".*

- Pour l'album de La grande gratouille, trois critiques négatives sont souvent citées: l'histoire, les dessins et la mise en page. C'est l'humour qui a, au contraire, le plus souvent retenu l'attention des lecteurs.
-*"C'est une histoire débile pour ceux qui ne savent rien".*
-*"Je n'ai pas envie de le lire, l'album est en noir et blanc, le tour des dessins n'est pas net, et les pages sont fouillies. C'est vraiment moche".*
-*"Les dessins sont laids, ils sont mal finis, le noir et le blanc n'est pas un atout, il complique encore la mise en page qui est déjà fouillie".*
-*"Y'a de l'humour et j'apprends quelque chose... C'est pas très bien dessiné, mais c'est pas grave, c'est marrant".*

- Pour l'album Le sanglier et l'homme, deux aspects sont le plus souvent cités: l'humour et la dualité (bande dessinée en haut et textes encyclopédiques en bas de chaque page).
Christophe: *"Ca me plaît car c'est caricatural, c'est pas sérieux".*
Mais, Jean n'est pas du même avis.
Jean : *"C'est peut être une bande dessinée...mais c'est quand même très scientifique et puis y'a le bouquin en bas".*
Sylvie : "C'est mal réalisé, vouloir réaliser une bande dessinée avec un documentaire parallèle à la bande dessinée, alors qu'il n'y a pas de liaison, ce n'est pas une bonne idée".

- Pour l'album Sais-tu comment naissent les enfants? les avis sont partagés, plutôt pour des aspects d'ordre éthique, que ceux purement liés à la bande dessinée. En effet, les principales sources de rejet du livre sont liées à certaines illustrations et au style général de l'ouvrage.



-"Y'a des dessins choquants pour des enfants (Cf. illustration).
-"Ce bouquin est joli au début, mais il devient vite porno. Ce n'est pas ce qu'on lui demande".
-"La bande dessinée est bien dans l'ensemble, mais je ne sais pas si une bande dessinée est bien pour expliquer ces choses-là à des enfants et puis il y a deux ou trois dessins à ne pas donner aux enfants".

Cependant, d'autres acceptent mieux le principe du livre.
-"C'est plus un livre documentaire pour enfants qu'une bande dessinée, c'est bien".
"C'est une bonne idée et puis peut-être que ça peut aider les parents à parler avec les enfants".

- Dans le dernier groupe, nous ne trouvons que l'album de <u>La formule magique</u> qui est rejeté très massivement principalement pour les dessins et le texte.
-"Je n'aime pas les dessins, les couleurs, l'ensemble".
-"Je trouve les dessins horribles, affreux, ignobles".
-"Ca date de quand ce truc? Les dessins sont horribles, les couleurs sont heurtées, criardes. C'est très désagréable à regarder, et en plus, c'est difficile à comprendre. J'ai l'impression que ceux qui arrivent à résister et à lire ça, auraient aussi bien pu lire un vrai bouquin sut le même sujet".
-"Les dessins sont tellement simplistes que ça devient idiot mais le comble, c'est que le texte est difficile, on comprend rien".

Que pouvons-nous conclure de ces remarques? Ces 15 jeunes gens ont en fait retenu comme critères de jugement (hormis le problème éthique du livre sur la naissance des enfants) des caractères annexes à la bande dessinée tels que nous les avons décrits précédemment: aventure, humour, présence d'un héros, graphisme, couleurs... Ils ont même été capables d'éliminer sans aucune hésitation l'album <u>Eléphantillage</u>.

Ces premières observations tendent à montrer que bien qu'ils ne lisent pas beaucoup de bandes dessinées, ces jeunes ont su très facilement établir leur choix sur des critères propres à la bande dessinée. Ils n'ont donc pas du tout été bernés par la présentation en bandes dessinées et restent très critiques sur les réalisations proposées.

Nous allons tenter de préciser ce point de vue par l'analyse des courbes de ventes que nous avons pu nous procurer.

III.2 ANALYSE DES COURBES DE VENTE

Nous n'avons pu obtenir que des chiffres des albums édités chez Belin, Laffont et Epigones... (qu'ils en soient ici remerciés).

Editions	Date parution	Chiffre de vente
EPIGONES		Août 1988
"Le sanglier et l'homme"	1985	4 000
BELIN		fin 1987
"Le géométricon"	1984	4 047
"Tout est relatif"	1984	3 957
"La grande gratouille"	1985	1 764
"Tais-toi et vole"	1986	2 423
LAFFONT (bandes dessinées Cousteau)		fin Août 1988
"L'île aux requins"	05/1985	51 100
"La jungle du Corail"	10/1985	44 000
"Le galion englouti"	05/1986	32 000
"Plèges de la mer"	11/1986	23 600
"Les lions de la Calypso"	06/1987	14 200
"Mystère de l'Atlantide"	12/1987	12 300

Naturellement, la vente de chaque ouvrage dépend de l'intérêt qu'y porte le lecteur, mais aussi des politiques de marketing mises en oeuvre par les éditeurs (publicité, circuits de distribution, etc...) Ce deuxième aspect ne nous intéresse pas ici, mais il a une influence sur le résultat. Toutefois, le marketing ne créé pas un intérêt qui n'existerait pas chez le lecteur mais il l'exploite.

Les résultats ne sont pas contestables et une fois de plus, nous voyons que les bandes dessinées Cousteau arrivent très largement en tête des ventes des albums de bandes dessinées scientifiques. Ainsi, "La grande gratouille", qui est très critiquée pour le manque de couleurs, le graphisme, la mise en page, ne totalise que 1764 albums vendus en trois ans alors que "La jungle du corail" dans la même époque totalise 44 000 exemplaires vendus.

Cependant, si ce chiffre paraît encore bien faible, comparé aux ventes d'albums célèbres comme Tintin, Lucky Luke, Astérix... (2,5 millions d'exemplaires), les albums de Cousteau ont un grand succès. En effet, sur une production annuelle de 600 titres, environ 80% des albums de B.d. ne sont vendus qu'à 15 ou 20 000 exemplaires.

Le reste de la production reste bien modeste, c'est pourquoi Moliterni précisait que pour la bande dessinée scientifique, il faut prendre le problème à l'envers et d'abord trouver le financement. Ainsi:
-les pharmacies Gifphar ont distribué gratuitement 250 000 exemplaires de l'album "Pas de sida pour Miss Poireau".
-la caisse primaire d'assurance maladie de la Marne a distribué gratuitement dans son département 21 400 exemplaires de l'album "L'hygiène au sens propre" (Version adulte). Elle a d'autre part vendu à d'autres caisses d'allocations familiales et caisses régionales d'assurance maladie, 53 400 exemplaires de la version enfant. Ceux-ci ont par la suite été distribués gratuitement dans les écoles.

Le problème de la diffusion des B.d. scientifiques reste posé comme nous allons le voir dans notre étude réalisée dans les bibliothèques parisiennes.

III.3. IMPLANTATION DE LA BANDE DESSINEE SCIENTIFIQUE DANS LES BIBLIOTHEQUES DE PARIS

Nous avons réalisé une enquête auprès de toutes les bibliothèques de consultation et de prêt, réparties sur l'ensemble de la capitale (51 bibliothèques). Celle-ci à montré, que si toutes ont un rayon bande dessinée, d'ailleurs très inégalement pourvu, on ne trouve que très peu de bandes dessinées scientifiques, trop peu pour pouvoir analyser le comportement des lecteurs à leur égard.

Nous allons indiquer toutefois les premiers caractères fragmentaires observés.

Importance de la bande dessinée en général

Toutes les bibliothèques déclarent avoir un rayon bandes dessinées mais pour certaines, ce rayon n'est encore que symbolique. La répartition des bibliothèques selon l'importance relative d'ouvrages bandes dessinées par rapport à l'ensemble des livres est résumée dans le diagramme (p. 24).

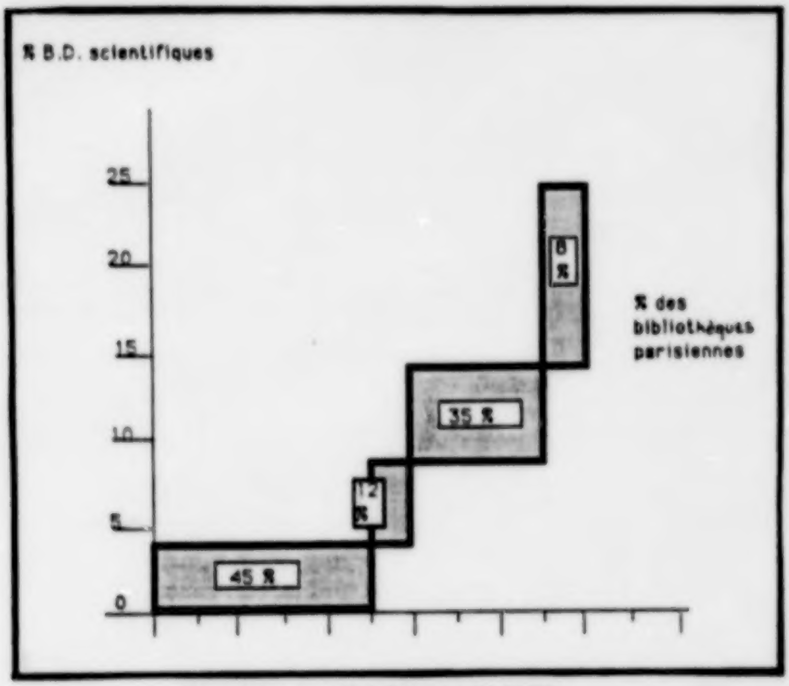
Implantation de la bande dessinée scientifique

Sur l'échantillon de 51 bibliothèques, 41 ont des bandes dessinées scientifiques et 10 n'en n'ont pas.

Les rayons bandes dessinées scientifiques sont encore des plus modestes:
-pas de BD scientifiques = 10 bibliothèques;
-1, 2 ou 3 titres = 12 bibliothèques;
-4, 5 ou 6 titres = 20 bibliothèques;
-7 à 10 titres = 5 bibliothèques;
-plus de 10 titres (en fait 11 à 15) = 4 bibliothèques.

Chaque ouvrage est dans la très grande majorité des cas en un seul exemplaire; parfois 2 ou 3 exemplaires jamais plus.

La présence de bandes dessinées scientifiques résulte le plus souvent d'une volonté délibérée des bibliothécaires; 4 d'entre-elles signalent avoir répondu à la demande d'utilisateurs.



Répartition des bibliothèques parisiennes
selon l'importance relative de leur rayon
bandes dessinées scientifiques

III.4 <u>INTERET PORTE AUX OUVRAGES</u>

Il est intéressant d'observer l'intérêt porté par les lecteurs aux différents types de bandes dessinées scientifiques et également l'évolution de cet intérêt pour chaque type d'ouvrage en relevant les nombres de sorties de chaque ouvrage au cours des années 1986-1987-1988 (il n'est pas possible de remonter avant).

Les nombres d'ouvrages et de consultations de ceux-ci, sont encore beaucoup trop faibles pour pouvoir tirer des conclusions. Toutefois, à titre de première indication, nous mentionnons dans le tableau suivant les résultats observés pour 28 titres de bandes dessinées scientifiques. Nous y indiquerons pour chaque ouvrage: le nombre de bibliothèques qui en disposent, la variation du nombre d'exemplaires par bibliothèque et les quelques chroniques des nombres de sorties de l'ouvrage dans la bibliothèque au cours des années 1986-1987-1988 que nous avons pu obtenir.

PLACE ACTUELLE DE LA BANDE DESSINEE SCIENTIFIQUE

DANS LES BIBLIOTHEQUES PARISIENNES

TITRE	Nombre de bibliothèques	Nombre d'exemplaires par bibliothèques	Chroniques nombres de sorties de l'ouvrage 1986-1987-1988
"La grande gratouille"	14	1 à 3	4 1 2 2 1 3 1 2 1 2 4 1 2 3 4
"L'informagique"	7	1	5 / 5 2 6 3
"Le géométricon	13	1 à 3	1 / 6 3 2 1
"Si on volait"	14	1 à 3	2 / 3 8 3 4 8 8 6 5 2 4 2 1 2 3 1 2
"Le trou noir"	7	1 à 3	2 1 3 4 1 6 5 2 4
"Big bang"	7	1 à 3	3 1 4 5 4 4 3 6 3 3 / /
"A quoi rêvent les robots ?"	18	1 à 3	5 2 / 1 5 4 2 5 2 2 2 1 3 / 5
"Le mur du silence"	7	1	4 1 3 5 2 4 2 6
"Energiquement vôtre"	7	1	/ 1 / 1 2 5 3 / 1
"Mille milliards de soleils"	7	1	/ / / 1 / 4 2 6 4 6 1 1 4 4 2
"Cosmic story"	1	1	/ / 1
"Le Topologicon"	2	1	/ / 4
"A la recherche des dinosaures"	16	1 à 3	3 6 2 5 5 2 2 1 8 3 2 6 1 0

PLACE ACTUELLE DE LA BANDE DESSINEE SCIENTIFIQUE

DANS LES BIBLIOTHEQUES PARISIENNES (suite)

TITRE	Nombres de bibliothèques	Nombre d'exemplaires par bibliothèques	Chroniques nombres de sorties de l'ouvrage 1986-1987-1988
"Tout est relatif"	6	1 à 3	7 8 3
"Les fract les"	1	1	
"Le sanglier et l'homme"	1 8	1 à 3	/ / 1 2 3 5 6 7 6 13 1 3 2 4 5
"Le cheval et l'homme"	2 4	1 à 3	/ / / 5 3 1 4 3 5 3 4 2
"Le chien et l'homme"	2 1	1 à 3	2 1 / 1 8 2 2 7 13 2 4 13 / 1 2 6 3 4 5 4 1
"La jungle du Corail"	1	1	/ 7 6
"Les mystères de l'Atlantide"	1	1	
"Les groupes"	1	1	
"Histoire de la chimie"	3	1	/ / 2 2 1 1
"Sais-tu comment naissent les enfants ?	1 7	1 à 4	5 7 / / 8 5 3 5 : 8 5 4 6 5 5
"Eléphantillages"	5	1 à 3	
"L'île aux requins"	1	1	8 6 /
"La formule magique"	1	1	/ 1 2
"La migration des oiseaux"	3	1	
"Le petit savant"	1	1	4 4 7

L'entrée de la bande dessinée scientifique dans les bibliothèques apparait être globalement très récente (2, 3 ans au maximum) et très limitée (très petit nombre d'ouvrages; très faible consultation). On ne peut donc pas analyser dans le détail ce phénomène, malgré l'importance de notre échantillon (toutes les bibliothèques de Paris soit 51). En particulier, les chroniques des nombres de sorties ne permettent pas de porter des conclusions. On ne peut pourtant pas s'empêcher de constater une évolution peu favorable dans de nombreux cas. Il faudra attendre quelques années pour approfondir cette étude et noter les évolutions de fréquentation selon les types d'ouvrages.

Pour finir, nous devons également noter qu'aucune bande dessinée scientifique n'est au rayon bandes dessinées, mais on les trouve toujours au rayon matière. Les bibliothécaires privilégient donc l'information scientifique au détriment du support bande dessinée lui-même.

Les résultats de ces différentes études mettent en évidence, à l'heure actuelle, un échec dans les voeux formulés par les concepteurs de bandes dessinées scientifiques: la bande dessinée ne touche pas le plus grand nombre. Plusieurs raisons semblent expliquer ce constat:

-La bande dessinée scientifique est un nouveau genre mal défini qui cherche sa spécificité.

-Les éditeurs de bandes dessinées scientifiques ne paraissent pas eux-même croire vraiment en leurs produits. Les choix financiers qu'ils effectuent (impression en noir et blanc, manque de publicité, manque de promotion par le travail des représentants dans les librairies...) traduisent ce point de vue. La diffusion des bandes dessinées scientifiques reste un problème réel à régler.

-Enfin, les bandes dessinées scientifiques existant actuellement n'ont pour la plupart d'entre-elles pas été l'objet de suffisamment de soin au cours de leur réalisation.

Nous allons préciser cette analyse dans le chapitre suivant en réalisant l'évaluation de 4 albums de bandes dessinées scientifiques.

IV LA BANDE DESSINEE SCIENTIFIQUE EST-ELLE LISIBLE ET COMPREHENSIBLE?

Nous avons donc choisi 4 albums considérés comme prototypes:

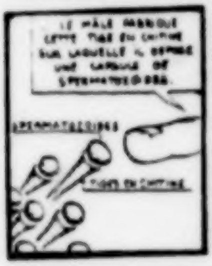
Le sanglier et l'homme. (Ed. Epigones). Mick et Maud (prévention sur la drogue pour des enfants de 10 à 12 ans). (Ed. Conseil général des Alpes Maritimes). Pas de Sida pour Miss Poireau (Ed. Carrefour bande dessinée). La Grande Gratouille, ou la vie secrète des Acariens. (Ed. Belin).

Nous avons délibérément choisi de scinder notre travail d'évaluation en deux parties. La première est une étude descriptive qui s'apparente à une évaluation expert (objectifs des auteurs, nature du message véhculé, inventaire des erreurs...) Dans la deuxième partie nous avons effectué des enquêtes évaluatives qui elles s'apparentent aux évaluations sommatives. (choix d'un public, pré-test, post-test après lecture de l'album considéré, entretiens)

IV.1 PRINCIPALES CONCLUSIONS DES ETUDES DESCRIPTIVES

Pour ne pas allonger notre propos, nous retiendrons ici deux remarques fondamentales. Tout d'abord, dans chacun des albums présentés les auteurs souhaitent aborder l'étude d'un thème. C'est ainsi que Mesdames Mille et Maria, professeures de Biologie, veulent dans leur album La Grande Gratouille, dédramatiser les problèmes de l'allergie aux Acariens. En fait elles ont abordé un grand nombre de notions très variées, parfois complexes qui regroupent des aspects très divers touchant à l'allergologie, l'immunologie, la biologie des Acariens, la parasitologie, l'évolution... le tout pour un public dont l'âge moyen se situe à 12 ans environ!

Le deuxième aspect est beaucoup plus grave car il touche à la rigueur de l'information scientifique trouvée dans ces livres. Comme Millicent Selsam* nous pensons qu'une erreur ne fait pas forcément un mauvais livre surtout si celui-ci est adressé aux enfants. Cependant, cette erreur ne doit pas être gratuite, elle doit au contraire tenter de faciliter la compréhension d'un fait scientifique. Ainsi nous avons noté de nombreuses erreurs de détermination latine (tant qu'à employer un nom latin, autant le faire correctement), des erreurs d'illustrations, (absence d'appendice chez certains animaux, présence de queue chez des animaux qui n'en ont pas etc...) et des généralisations douteuses. Par exemple, il est précisé à la page 7, que la tige du spermatophore est en chitine. Nous n'avons trouvé dans aucun ouvrage de référence une telle précision sur la composition chimique de ce support et les différents spécialistes que nous avons rencontrés sont perplexes. Mis à part ce doute important qui subsiste, pourquoi employer ce mot inconnu des lecteurs? Quelle information nouvelle celui-ci peut-il apporter?



---

* Millicent Selsam - Critique des critiques in La revue des livres pour enfants, no 155-116, pp. 93-96, 1987.

IV.2 LES ENQUETES EVALUATIVES

Sans nous attarder trop sur notre méthodologie de travail, il est bon de préciser deux aspects:

- Nous avons dans chacun des cas rencontré les auteurs afin de bien connaître leurs objectifs et la tranche d'âge visée par leur album pour effectuer notre évaluation, car faute de prendre en compte les objectifs que se fixent les auteurs, la critique devient souvent un procès d'intention. Seul un repérage des objectifs permet d'apprécier valablement les procédés de vulgarisation mis en oeuvre.

- Tous les participants étaient volontaires il parait en effet absurde d'évaluer l'impact d'un album bande dessinée lu par obligation.

Malgré la variété à la fois des albums proposés et donc de l'âge des lecteurs (10-18 ans) nous avons pu observer quelques constantes que nous allons développer en nous attardant tout d'abord aux aspects négatifs pour finir par les aspects positifs.

IV.2.1 Les aspects négatifs:

Nous en retiendrons plus spécialement cinq:

Manque de lisibilité

En voulant traiter d'un grand nombre d'informations les auteurs utilisent un vocabulaire très riche et très technique. Dans l'album sur le sanglier par exemple nous avons noté 23 mots difficiles. Les enfants en connaissaient en moyenne trois avant la lecture (la laie, le marcassin, une compagnie) tout en affirmant en connaître cinq. Après la lecture deux nouveaux mots seulement étaient acquis (fossile et groin). Le reste complique considérablement la compréhension des textes.

Objectifs des auteurs non atteints

Comme nous l'avons déjà précisé les auteurs de la Grande Gratouille voulaient dédramatiser l'allergie chez les adolescents. En post-test nous n'avons pas trouvé de différence significative, entre les réponses des élèves de 13 ans (30) et celles des élèves de 16 ans (30), mais 11 élèves sur 60 se détachent: ils sont allergiques. Leurs réponses collent tout à fait à la réalité de leur vécu des soins et non à la lecture du livre. Observons de plus près quelques réponses types obtenues, chez les autres élèves, à la question: que fait-on quand on est allergique?

Samuel: *On va chez le médecin, il va nous dire ce qu'il faut faire, il va me donner un antibiotique ou un autre médicament, je ne sais pas... Je pense qu'il va les étudier et lui le docteur il va savoir.*

Juan: *On est malade, on va voir le médecin qui lui va savoir.*

Ces réponses ne traduisent pas une acquisition réelle d'un nouveau savoir (on est malade, on va voir le médecin qui va nous soigner).

D'autres élèves font allusion dans leur vocabulaire à la cure de désensibilisation.

Claire: *On doit aider notre organisme à produire des cellules qui aident à lutter contre les acariens.*

Laurent: *Il faut prendre des médicaments à petites doses croissantes.*

Claire dans sa réponse donne une définition proche de la vaccination, Laurent note un élément intéressant: "la prise de doses croissantes".

<u>Notions incompréhensibles</u>

Le fait que les auteurs aient traité de nombreuses notions dans un album si court donne une présentation sans vraiment tenir compte des conceptions préalables des apprenants et de leur possibilité de compréhension.

Une fois de plus ici, l'aspect bande dessinée n'apporte rien de plus qu'un cours magistral sur l'allergie.

<u>Manque d'intérêt</u>

D'autre part, la majorité des bandes dessinées scientifiques regorge d'informations à tel point que les jeunes lecteurs n'ont pas réellement envie de les lire. Dans notre étude par exemple 25 élèves sur 30 de 13 ans, volontaires au départ, m'ont dit qu'ils n'auraient jamais fini la lecture de l'album de la Grande Gratouille dans un autre contexte. On voit bien ici que la volonté des auteurs de bandes dessinées scientifiques de réaliser des ouvrages de vulgarisation populaire ne reste actuellement qu'un voeux pieux.

Décodage des analogies

Dans la B.D. Mick et Maud, réalisée pour effectuer une prévention sur les méfaits de la drogue à des enfants de 10 ans environ, les auteurs, pour éviter de choquer, n'emploient jamais les vrais termes.

62% des enfants (sur 1 085) ont compris que certains Drings sont à la recherche de quelque chose mais, 56% ne savent pas qu'il s'agit de la drogue.

IV.2.2 Les aspects positifs

Nous avons cependant noté quelques aspects positifs notamment: dans l'acquisition de connaissances et dans le fait de susciter des intérêts.

Deux exemples paraissent très probant pour le premier aspect; il s'agit tout d'abord de la connaissance des modes de protection contre le virus du SIDA.

	Prétest	Post-test	
Utilisation du préservatif	27	54	54 élèves
Ne pas échanger les seringues	14	25	

Nous voyons notamment ici un succès total, 100% de bonnes réponses pour l'utilisation du préservatif. Ceci est vraisemblablement dû à la personnalisation humoristique du préservatif.

Le deuxième exemple est très intéressant également et il s'agit de nouveau de l'album La Grande Gratouille. Nous avons obtenu en post-test 54/60 réponses d'élèves qui parlaient du rôle des acariens dans la décomposition du sol. Il s'agit d'un excellent score pour une notion peu connue du public (non enseignée en France avant l'âge de 16 ans). Il est intéressant cependant de noter ce succès alors qu'il ne s'agissait pas d'un objectif prioritaire des auteurs.

La bande dessinée scientifique peut aussi susciter l'intérêt, ainsi les lecteurs de l'album Pas de SIDA pour Miss Poireau ont trouvé intéressant d'aborder pour la première fois ce sujet avec de l'humour afin de le dédramatiser. De plus 36 élèves sur 60 ont souhaité approfondir leurs connaissances sur le SIDA et se sont sentis motivés pour lire la brochure Les faits l'espoir*, alors qu'ils n'étaient que 11 à souhaiter la lire avant la lecture de la bande dessinée scientifique. Cette brochure beaucoup plus complexe, réalisée par une équipe de chercheurs sous la direction du professeur Montagnier, développe tous les aspects liés à la maladie du SIDA.

---

* Montagnier (sous la direction de) Les faits l'espoir Institut Pasteur, 64 p., 1987.

V CONCLUSION

- Le travail d'analyse de grille traité dans notre première partie à eu pour objectif de classer les albums actuels par <u>type de publication</u>. Nous avons ainsi mis en évidence la présence de trois classes:

- la science alibi (albums non véritablement scientifique),

- la bande dessinée scientifique,

- la bande dessinée alibi (album ne méritant pas le qualificatif de B.D.).

Ainsi la démarche originale d'analyse des B.d. scientifiques que nous proposons, permet rapidement et sans fixer avec trop de précisions une définition de la B.D. scientifique, qui pourrait scléroser toutes nouvelles créations de rendre compte de ses limites. En effet, non seulement tous les thèmes ne paraissent pas adaptés à ce style, mais tous les modes de traitement ne le sont pas non plus. Dans le cas d'une B.D didactique sur la science, il faudra donc apporter peu de notions scientifiques, avoir une unité de thème, soigner le scénario, la mise en page et la technique de la B.d. C'est pourquoi, hormis pour une public déjà spécialisé qui possède de nombreuses connaissances préalables, la B.d. ne peut que jouer un rôle de sensibilisation. Il semble en effet impossible, dans le cadre des dialogues et des bulles, de développer de longues explications techniques et d'approfondir des concepts.

A la lumière des résultats de notre recherche, nous allons tenter de tirer les éléments principaux pouvant contribuer à la création future de B.d. réellement scientifiques, tout à la fois agréables, accessibles, et ayant un maximum d'efficacité didactique.

Réalisation d'une bande dessinée agréable

Bien qu'il soit malaisé d'éviter tout critère d'appréciations personnelles, nos différentes études montrent qu'il faut avant tout soigner le graphisme, la mise en page et si possible utiliser de la couleur. En effet, tout lecteur de bandes dessinées va commencer par feuilleter l'album. Les premières sensations qu'il va ressentir vont par conséquent dépendre des paramètres précités, et lui donneront envie de lire le livre ou de le refermer. Puis, rapidement, avant même la lecture globale de l'album, le lecteur va lire quelques planches et va donc percevoir dans quelle mesure cet album contient de l'aventure, de l'humour, du suspense... C'est également à ce stade qu'il va observer de près quelques dessins et découvrir leur qualité. Tel détail fait ressortir le texte ou l'ambiance ou donne de l'humour. Des exemples de ce type existent :

-C'est le cas de la bande dessinée <u>Pas de Sida pour Miss Poireau</u> dans laquelle le choix des personnages (les légumes), les couleurs, l'humour, donnent une note très attrayante pour les adolescents.

-C'est aussi le cas des bandes dessinées de Sérafini qui présentent les aventures scientifiques de l'équipe du Commandant Cousteau. Dans ces situations, la bande dessinée semble particulièrement bien adaptée car il y a une histoire et des dialogues. Les dessins sont particulièrement soignés, et l'auteur utilise même le principe du dessin pour effectuer des "flash-back" et rendre son histoire plus attrayante. Ainsi: dans La jungle du corail, Serafini montre à l'aide de quelques dessins (p. 3) la formation et l'érosion lente d'un volcan au contact de l'eau.

D'autre part, les explications techniques ou scientifiques sont complètement intégrées dans le scénario. Ainsi, comme nous l'avons souligné auparavant, le Commandant Cousteau a souhaité que tout soit réel dans la bande dessinée en dehors d'un personnage, Serge, qui embarque sans expérience à bord de la Calypso. Celui-ci a un rôle important car le lecteur non spécialiste peut s'identifier à ce jeune passionné qui découvre le monde marin tout au long des Aventures de l'Equipe Cousteau. De plus, il joue le rôle de candide et pose des questions simples (les membres réels de l'équipe ne pourraient pas être si naïfs) et le Commandant Cousteau donne alors des explications (cf. dessin, p. 33, in Les pièges de la mer).

Réalisation d'une bande dessinée accessible et efficace

Pour aboutir à ce résultat, nous proposons la réalisation de bandes dessinées scientifiques assistée par diagnostic didactique(tableau p. 35) Notamment, il nous semble indispensable d'effectuer deux évaluations: une évaluation préalable et une évaluation formative.

"L'évaluation préalable"

Dans le cadre de la bande dessinée didactique, l'auteur doit cibler son public (ceci n'interdit bien évidemment pas aux autres lecteurs, la lecture de l'album). Cette évaluation doit lui fournir des renseignements de base sur le public visé, par exemple :

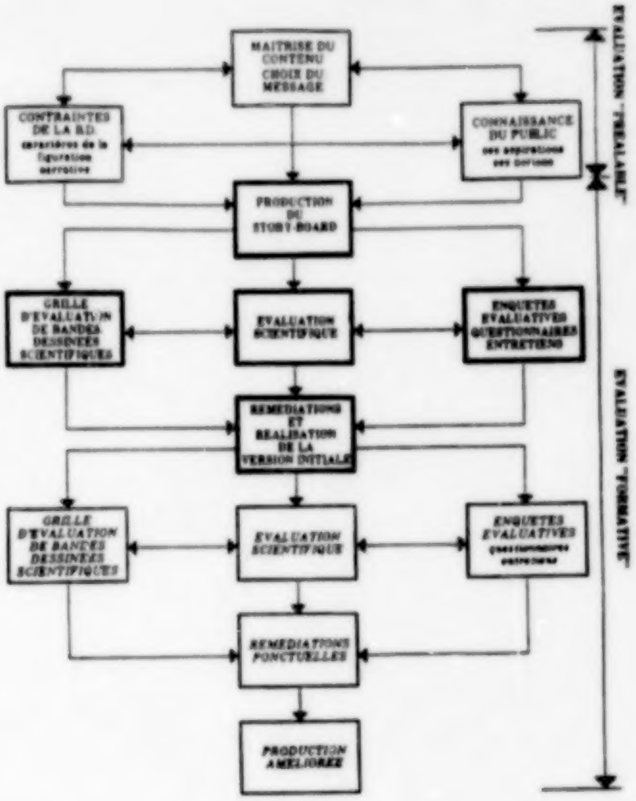
-Quelles sont ses aspirations sur le sujet?
-Quelles sont les questions qu'il se pose?
-Quel est le vocabulaire acquis?
-Quelles sont les notions acquises?

L'ensemble de ce travail permettra de connaître "les conceptions" du public choisi, afin de guider l'auteur dans ses choix scientifiques et pédagogiques. En fonction de toutes ces indications, l'auteur va pouvoir réaliser le story-board (résumé).

L'évaluation formative ou rétroactive

Une première évaluation intervient à ce niveau pour vérifier, avant que le travail ne soit trop avancé (problème de coût de réalisation), si le story board est conforme à l'objectif que s'est fixé l'auteur. Après avoir effectué quelques remédiations ponctuelles et réalisé une première maquette, de nouvelles évaluations permettront ensuite de vérifier si le choix des aides didactiques a été pertinent (schéma, tableau, analogie...). C'est également à cette étape que l'on proposera le projet d'album à un ou des spécialistes de la discipline traitée afin qu'ils puissent corriger l'ensemble. Cette relecture devra permettre d'éviter facilement une multitude d'erreurs (termes latins incorrects, vocabulaire non approprié, etc...). Ces travaux d'évaluation, devraient se développer et se systématiser, car ils constituent un outil efficace pour améliorer la production future.

PRODUCTION DE BANDES DESSINEES SCIENTIFIQUES ASSISTEE PAR DIAGNOSTIC DIDACTIQUE



Cependant nous nous situons ici dans le cas (le plus courant, il est vrai) où la B.d. ne sert qu'à illustrer un thème scientifique. La B.d. sort alors de son propre contexte à la fois de "fiction" et de narration (figuration narrative). Peut-être pourrions-nous envisager d'autres alternatives.

- La B.d. scientifique peut aussi présenter la science en l'éclairant sous un nouvel angle, en reformulant les problèmes et en situant les enjeux... C'est cet objectif qu'a rempli Masse avec beaucoup de talent dans l'album <u>Les deux du balcon</u>. Dans celui-ci, deux personnages immobiles, comme prisonniers sur le balcon d'un palais, commentent des phénomènes étranges ayant trait à des travaux de physique (mécanique quantique, super fluidité aux basses températures...) et à des travaux de Biologie (néoténie, plantes carnivores...). Masse par son approche artistique, pleine de créativité, nous déstabilise. Le spécialiste pourra apprécier la finesse de l'humour de l'auteur, l'originalité de présentation et à aucun moment il ne pourra se sentir trahi car ce n'est qu'une fiction. Le néophyte intéressé (c'est notre cas en physique) comprendra les grandes lignes du sujet traité.

- La bande dessinée scientifique ne pourrait-elle pas aussi créer son propre style? De la figuration narrative ne pourrait-elle pas devenir "la figuration argumentative"[7]. L'auteur pourrait ainsi présenter sous la forme de fiction des théories actuelles, et leur(s) controverse(s). Il pourrait poser les nombreux problèmes que suscite la science (fixer les retombées possibles écologiques, économiques et sociologiques...) plutôt que d'aborder de façon dogmatique les quelques solutions qu'elle a trouvées. Ainsi la vulgarisation scientifique par la bande dessinée n'aurait pas comme objectif l'hypothétique partage du savoir sans le moindre effort, ce qui est impossible, mais une démystification de la recherche, de ses enjeux et de ses applications.

---

[7] *"Dans son sens usuel, l'argument est soit un raisonnement destiné à prouver ou à réfuter une proposition donnée, soit une raison avancée à l'appui d'une thèse ou contre celle-ci. Dans ce sens on opposera l'argument à la preuve et l'argumentation à la démonstration". Chaim Perelman in <u>Encyclopedia universalis</u> corpus 2, p. 637. Paris 1984

BIBLIOGRAPHIE

GIRAULT, Y. Contribution à l'étude de la Bande dessinée comme outil de vulgarisation scientifique. Thèse de doctorat de l'université de Paris VII, 300 p., 1989.

GIRAULT, Y. Evaluation d'une Bande dessinée scientifique "La grande gratouille ou la vie secrète des acariens" in Actes des XIe journées internationales sur l'éducation scientifique.: Les aides didactiques pour la culture et la formation scientifiques et techniques.
A. Giordan, J.L. Martinand, C. Souchon, ed.
534 p., pp. 457-461, Chamonix 1989.

GIRAULT, Y. La bande dessinée scientifique existe-elle réellement? in Actes du colloque Anthena, Montpellier 1989.

LEGARDINIER C. (propos recueillis par) Science et Bande dessinée.
Fragments d'un discours amoureux
Les Paradis de la fiction: (Levy-Leblond J.M.)
Les aventures de Proteix: (De Rosnay J.)
Le scientifique un nom personnage: (Vidal-Madjar M.)
in A suivre, no 143, décembre 1989

BANDES DESSINEES SCIENTIFIQUES[1]

AOUAMRI, M. - L'hygiène au sens propre par le service d'éducation pour la santé.
C.P.A.M. de la Marne, une édition rose pour enfants, une édition bleue pour adultes, couleurs, 24 p., 1987.

AUZOU, P. - L'Energie.
L'encyclopédie en bandes dessinées, 5ème vol., couleurs, 159 p.

BANVILLE, D., TREPANIER, R. - La vie du saumon atlantique en bandes dessinées.
D.H.S. Salmax, Ed. Imaginature, St-Flavie, Québec, noir et blanc, 64 p., 1987.

BEAUJARD, Y., GALLIANO, P. - La poudre au yeux.
In Drôles de Nectar, Ed. Fondation de France, Fondation toxicomanie et prévention jeunesse, couleurs, pp.29-36.

BEKETCH - Le Sida diffusé par le Commissariat d'Etat à la santé publique et aux affaires sociales du Zaïre, noir et blanc, 14 p.

BODIN, J., LE SOURD, B. - Au pays du Nucléaire.
Ed. CIE EDF, direction de l'équipement, couleurs, 4 p., 1988.

BODIN, J., LE SOURD, B. - Le grand secret.
ED. CIE EDF, direction de l'équipement, couleurs, 4 p. 1988.

BOUCHAIN, J.-M., - Le besoin de vivre (histoire d'une dialyse).
Scénario et dessins de Corine avec collaboration de M.-C. Baillif, Lausanne, 46 p. 1986.

BOUCHARD - Multi le Saint-Bernard vous parle des problèmes du sommeil.
Mutualité du Rhône, couleurs, 12 p., Lyon, 1985.

BOUILLETTE, E. - Histoires de contraception ou comment s'y prendre pour ne pas se faire prendre.
Laboratoire Schering, noir et blanc, 21 p. 1984.

CASGNARE - Computing a byg's eye view.
Shiva Publishing Limited, noir et blanc, 100 p., 1983.

CASTAN, F. - La bande dessinée thérapeutique.
Ed. Vaucouleurs, Journal du jeune praticien, 45 p., 1988.

CASTAN, F. - Syracuse et Archimède.

---

[1]. Cette bibliographie regroupe des albums et des publications qui prétendent appartenir au genre B.D. scientifique et qui sont d'inégale valeur.

CASTAN, F. - Histoire d'une teinture synthétique.
In l'Argonaute, couleurs, no 4, pp. 22-24, 1983.

CASTAN, F. - De l'hexagone à l'aspirine.
In l'Argonaute, couleurs, no 6, 28 p., 1983

CASTAN, F. - Le problème de Delas.
In l'Argonaute, couleurs, no 9, pp. 26-28, 1984.

CASTAN, F. - A la découverte de la radio activité artificielle.
In l'Argonaute, couleurs, no 10, pp. 43-45, 1984.

CASTAN, F. - Léonard de Genève.
In l'Argonaute, couleurs, no 12 et 13, pp. 26-28, 1984.

CASTAN, F. - Le verrier et Neptune.
In l'Argonaute, couleurs, no 14, pp. 26-28, 1984.

CASTAN, F. - La Perouse et l'exploration inachevée.
In l'Argonaute, couleurs, no 15, pp. 22-24, 1984.

CASTAN, F. - Gustave Eiffel.
In l'Argonaute, couleurs, no 16, pp. 24-26, 1984.

CASTAN, F. - La bière qui coule.
In l'Argonaute, couleurs, no 18, pp. 26-28, 1984.

CASTAN, F. - Diderot et l'encyclopédie.
In l'Argonaute, couleurs, no 19, pp. 25-28, 1985.

CASTAN, F. - La dernière expérience de John Dalton.
In l'Argonaute, couleurs, no 20, pp. 47-48, 1985.

CASTAN, F. - La naissance du rail.
In l'Argonaute, couleurs, no 21, pp. 16-19, 1985.

CASTAN, F. - André Citroën.
In l'Argonaute, couleurs, no 23, pp. 26-28, 1985.

CASTAN, F. - Jean le Rond d'Alembet.
In l'Argonaute, couleurs, no 24, pp. 20-24, 1985.

CASTAN, F. - Pasteur et la rage.
In l'Argonaute, couleurs, no 26, pp. 21-23, 1985.

CASTAN, F. - Thales de Milet.
In l'Argonaute, couleurs, no 27, pp. 31-33, 1985.

CASTAN, F. - Charcot grand explorateur.
In l'Argonaute, couleurs, no 28, pp. 31-33, 1985.

CASTAN, F. - Alfred Nobel, l'homme qui fait boum.
In l'Argonaute, couleurs, no 29, pp. 27-29, 1985.

CASTAN, F. - Sébastien le Prestre de Vauban.
In l'Argonaute, couleurs, no 30, pp. 35-37, Janvier 1986.

CASTAN, F. - Gagarine.
In l'Argonaute, couleurs, no 31, pp. 21-23, Février 1986.

CASTAN, F. - Jean-François Champollion.
In l'Argonaute, couleurs, no 32, pp. 37-39, Mars 1986.

CASTAN, F. - Histoire d'heure.
In l'Argonaute, couleurs, no 33, pp. 32-34, Avril 1986.

CASTAN, F. - Ces dingues d'animaux.
In l'Argonaute, couleurs, no 34, pp. 25-27, Mai 1986.

CASTAN, F. - Ambroise paré.
In l'Argonaute, couleurs, no 35, pp. 33-35, Juin 1986.

CASTAN, F. - Evariste Galois.
In l'Argonaute, couleurs, no 36, pp. 33-35, Juillet 1986.

CASTAN, F. - Le métier à tisser.
In l'Argonaute, couleurs, no 37, pp. 69-70, Septembre 1986.

CASTAN, F. - Eratosthère.
In l'Argonaute, couleurs, no 38, pp. 55-57, Octobre 1986.

CASTAN, F. - Issaac Newton.
In l'Argonaute, couleurs, no 39, pp. 55-57, Novembre 1986.

CASTAN, F. - Albert Einstein.
In l'Argonaute, couleurs, no 40, pp. 27-29, Décembre 1986.

CASTAN, F. - Albert Einstein.
In l'Argonaute, couleurs, no 41, pp. 28-30, Janvier 1987.

CASTAN, F. - Histoire tonique.
In l'Argonaute, couleurs, no 42, pp. 26-28, Février 1987.

CASTAN, F. - Histoire chaleureuse du réfrigérateur.
In l'Argonaute, couleurs, no 43, pp. 26-28, Mars 1987.

CASTAN, F. - La roue.
In l'Argonaute, couleurs, no 44, pp. 26-28, Avril 1987.

CASTAN, F. - Naissance du disque.
In l'Argonaute, couleurs, no 45, pp. 26-28, Mai 1987.

CASTAN, F. - Galiléo Galliléi.
In l'Argonaute, couleurs, no 47, pp. 26-28, Juillet/Août 1987.

CASTAN, F. - L'Institut Pasteur.
In l'Argonaute, couleurs, no 49, pp. 26-28, Octobre 1987.

CHAMPEAUX, A., WATRIN, P. - La belle santé.
Caisse Nationale d'Assurance Maladie des travailleurs Salariés. 46 p. couleurs, 1983.

CHAMPEAUX, A. WATRIN, P. - Mission spatiale santé. Hygéa 7.
Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés. 48 p. couleurs, 1980.

CHRISTOPHE - L'idée fixe du Savant Cosinus.
Ed. Armand Colin, couleurs, 1899, Réédition 1959.

CLAVREUL, D. - Tais-toi et vole (ou la migration des oiseaux).
Ed. Belin, noir et blanc, 67 pages. 1986.

CLAVREUL, D., THIBAULT J-C. - Connaissances des Rapaces "Le Balbuzard Pêcheur".
Parc Naturel de la Corse, brochure, noir et blanc 12 pages.

CLAVREUL, D., BOUVET, F. - Connaissances des Rapaces "Le Gypaete Barbu".
Parc Naturel de la Corse, brochure, noir et blanc, 12 pages.

Comité français d'éducation pour la santé - Archibald, quelle vie de chien.
Couleurs, 13 pages, avec jeux, 1982.

Comité français d'éducation pour la santé - Fumer? Ne pas fumer?
Couleurs, 3 pages, avec juex, 1983.

Comité français d'éducation pour la santé - Le grand méchant chat attaque.
Couleurs, 5 pages, avec jeux, 1985.

CONSOLI, S. - Stress, personnalité et hypertension.
Spécia dép. cardiovasculaire.

CUADRADO - Le secret des drogs. Les aventures de Mick et Maud.
Ed. du Conseil Général des Alpes-Maritimes, couleurs, 22 pages. 1986.

CUADRADO - Les guerriers des drogs. Les aventures de Mick et Maud.
Ed. du Conseil Général des Alpes-Maritimes, couleurs, 22 pages, 1986.

CUADRADO - Le maitre des drogs. Les aventures de Mick et Maud.
Ed. du Conseil Général des Alpes-Maritimes, couleurs, 22 pages. 1986.

CUADRADO - Les ennuis de Mick. Les aventures de Mick et Maud.
Ed. du Conseil des Alpes-Maritimes, couleurs, 34 pages, 1987.

CUADRADO - Pièges pour Mick et Maud. Les aventures de Mick et Maud. Ed. du Conseil des Alpes-Maritimes, couleurs, 34 pages, 1987.

DAVOT, FR. et M. - Le cheval et l'homme. Collection une vieille histoire, Ed. Epigones, couleurs, 46 pages.

DAVOT, FR. et M. - Le chien et l'homme. Collection une vieille histoire, Ed. Epigones, couleurs, 46 pages.

DAVOT, FR. et M. - Le sanglier et l'homme. Collection une vieille histoire, Ed. Epigones, couleurs, 46 pages, 1985.

DEBRAS, CH., DUPONT, PH. - Secourir? Edition Fayard, 1978

DEFONTAINE, J. - La psychomotricité en bandes dessinées. Ed. Maloine, noir et blanc, 88 pages, 1979.

DE VILLARD, R., MOURET, J. - Toto dans les bras de Morphée. Les troubles du sommeil de l'enfant. Laboratoires Sarget, Editeurs, couleurs, 23 pages.

DOFFAGNE, Y., CAUSSIN, Y. - Rési et Transi : échec aux mystères de l'électronique. Ed. Publitonic couleurs, 48 pages.

DOMENECH - Loïc et Flora devant l'amour. Fédération Nationale Couple et Famille, noir et blanc, 7 pages sur 40.

DUFOSSE, B. - Alerte en forêt. Ed. Glenat concept, couleurs, 10 pages.

DUPUIS ,P.-L., LIER, F. - L'infection "Raid sur organie". Ed. Serg Sotep. pour les produits Roche, Couleurs, 24 pages, 1986.

DUPUIS, P-L., LIER, F. - L'antibiothérapie "La bombe AB". Ed. Serg Sotep. pour les produits Roche, Couleurs, 24 pages, 1986.

DUPUIS, P-L., LIER, F. - La résistance bactérienne "La crainte démentie". Ed. Serg Sotep. pour les produits Roche, Couleurs, 24 pages, 1987.

EAGERSTROM, G., HANSSON, G. - Sais-tu comment naissent les enfants? Ed. Casterman, couleurs, 48 pages, 1985.

ESTRADE, J., LORRAIN DIERBACH, F. - Les aventures de phlébo, feuille fée. Ed. E.S.C. pour les Laboratoires Beaufour, couleurs, 25 pages + texte scientifique sur le ginko biloba (6 pages), 1987.

FICHEUX, P., MANIEZ-MONTREUIL, M. - Quelque part le V.I.H. Ed. Association AIRPES-Lille, couleurs, 53 pages, 1988.

GHIGLIANO, C., NOVELLI, L. - L'histoire de la chimie en bandes dessinées. Ed. Casterman, 125 pages, 1986.

GOHEREL- El Senor Ragondin.
In l'Argonaute, no 5, 51 pages, 1983.

GOHEREL, G., PARAVIDIN, J.- Paradis mortel. La drogue et le Sida face aux jeunes.
Editions Michel Laffont, couleurs, 48 pages, 1987.

GONICK, L.- Genetik in cartoons.
Berlin: Parey, 224 pages, cop. 1985.

GOYALLON - L'arche de Cosmos: l'archéen.
Ed. B.R.G.M., couleurs, 48 pages, 1987.

GOYALLON- La planète protégée :les observateurs de la terre.
Ed. BRGM, couleurs, 48 pages, 1987.

GOYALLON - La première colonie: Les observateurs de la terre.
Ed. BRGM, couleurs, 48 pages, 1988.

HELME - La bataille des nodules.
In l'Argonaute, no 2, 22 pages, 1983.

LANGANEY, A. - Les amours des petites bêtes.
Edition F. Nathan, couleurs, 16 pages, 1978.

LOYD DANGLE - What,s going around in the works Drugs, sex & aids produit par The San Francisco Aids Foundation, noir et blanc.

MACE, G., STEPHER - Petite histoire de l'énergie.
In l'Argonaute, no 7, pp. 51-55, 1983.

MALCOLM ATER - AIDS it's nobody's foult... and everybody's problem produit par American Foundation for Aids research, New York, noir et blanc, 10 pages.

MANDRYKA - Pas de sida pour Miss Poireau.
Ed. Carrefour bande dessinée diffusée par Pharmacies Ghiphar, couleurs, 12 pages.

MARIA, M., MILLE, DAVID - La grande gratouille (ou la vie secrète des acariens).
Ed. Belin, noir et blanc, 51 pages, 1985.

MARIA, M., MILLE, DAVID - A la recherche des dinosaures.
Edition Belin, noir et blanc, 56 pages, 1987.

MARSEILLE, M. - Pioume et les mammifères. Ministère du loisir, chasse et pêche (Québec), 8 pages, 1986.

MARSEILLE, M. - Pioume explique la chaine alimentaire.
MLCP (Québec), 4 pages.

MARSEILLE, M. - Pioume et les terres humides.
MLCP (Québec), 4 pages.

MARSEILLE, M. - Pioume visite les habitats fauniques.
MLCP (Québec), 4 pages.

MARSEILLE, M. - Pioume entre "terre et eau"
MLCP (Québec), 6 pages.

MARSEILLE, M. - Pioume qu'est-ce qu'un mammifère?
MLCP (Québec), 4 pages.

MARSEILLE, M. - Pioume aux oiseaux.
MLCP (Québec), 6 pages.

MARSEILLE, M. - Pioume et le vol des oiseaux.
MLCP (Québec), 4 pages.

MARSEILLE, M. - Pioume la vision et le chant des oiseaux.
MLCP (Québec), 4 pages.

MARSEILLE, M. - Pioume à la rescousse des espèces menacées
MLCP (Québec), 6 pages.

MARSEILLE, M. - Pioume entre deux eaux.
MLCP (Québec), 6 pages.

MARSEILLE, M. - Pioume pisteur.
MLCP (Québec), 6 pages.

MASSE - Les deux du Balcon.
Ed. Casterman, couleurs, 62 pages, 1985.

MIRAULT, M., G - Pythagore de Samos.
Ed. Magnard, couleurs, 60 pages, 1985 (théorèmes et légendes).

MIRAULT, M., PRADALIER G. - Euclide d'Alexandrie.
Ed. Magnard, couleurs, 60 pages, 1985 (théorèmes et légendes).

MOLOCH - Traité de sexologie.
Carrousel bande dessinée, couleurs, 76 pages, 1984.

MOLOCH - Les M.S.T. ou les maladies sexuellement transmissibles avec un dossier spécial Sida.
Editeurs Fromont Glatigny, couleurs, 40 pages, 1987.

MOLOCH - MO, tu m'écoutes? Drogues, savoir écouter... pour mieux en parler!
Editeurs Fromont Glatigny, couleurs, 40 pages, 1988.

MOLOCH - Le tabac. Pourquoi et comment s'en passer...
Editeurs Fromont Glatigny, couleurs, 40 pages, 1988.

MOLOCH - L'alcool. Tout ce que vous auriez pu savoir.
Editeurs Fromont Slatigny, couleurs, 40 pages, 1988.

MURAT, A., MARQUE P. - Le trésor du parc "diabète et diabétiques".
Paris: Médecine et enfance, couleurs, 47 pages, 1984.
N'GUYEN, Tan Honj, NOWAK, J-P. - Homéopratique. Enfin, l'homéopathie vraiment pratique.
Ed. Octale, 29 pages couleurs, 128 pages, 1988.

PATRICK - Alex le seigneur de la forêt.
Ed. du crédit mutuel, 10 pages, noir et blanc, 1983.

PENICAUD, P. - La loutre.
Centre permanent d'initiation à l'environnement Hanvec: Parc Naturel Régional d'armorique, cop. 88, 19 pages: ill. (les cahiers naturalistes bretons, 1).

PETIT, J-P. - A quoi rêvent les robots? (Robotique et intelligence artificielle). Les aventures d'anselme Lanturlu.
Ed. Belin, noir et blanc.

PETIT, J-P. - Big Bang (L'origine de l'Univers). Les aventures d'Anselme Lanturlu.
Ed. Belin, noir et blanc, 72 pages, 1982.

PETIT, J-P. - Cosmic story (L'histoire des idées qu'on s'est faites sur l'Univers). Les aventures d'Anselme Lanturlu.

PETIT, J.-P. - Elle court, elle sourt, l'inflation (Les mécanismes et l'inflation). Les aventures d'Anselme Lanturlu.
Ed. Belin, noir et blanc.

PETI, J.-P. - Energétiquement vôtre (L'atome, promesses et menaces). Les aventures d'Anselme Lanturlu.
Ed. Belin, noir et blanc.

PETIT, J.-P. - Le géométricon (Les géométries non-euclidiennes). Les aventures d'Anselme Lanturlu.
Ed. Belin, noir et blanc.

PETIT, J.-P. - Le mur du silence (Le vol supersonique sans mur du son). Les aventures d'Anselme Lanturlu.
Ed. Belin, noir et blanc.

PETIT, J.-P. - Le topologicon (La découverte de la topologie sur une planète sans pôle Sud). Les aventures d'Anselme Lanturlu.
Ed. Belin, noir et blanc.

PETIT, J.-P. - Le trou noir (Astrophysique et relativité générale). Les aventures d'Anselme Lanturlu.
Ed. Belin, noir et blanc.

PETIT, J.-P. - L'informatique (Comment fonctionne un ordinateur?) Les aventures d'Anselme Lanturlu.
Ed. Belin, noir et blanc.

PETIT, J.-P. - Mille milliards de soleils (La découverte des objets cosmiques: galaxies, amas, supernovae...). Les aventures d'Anselme Lanturlu.
Ed. Belin, noir et blanc.

PETIT, J.-P. - Si on volait? (La mécanique des fluides). Les aventures d'Anselme Lanturlu.
Ed. Belin, noir et blanc.

PETIT, J.-P. - Tout est relatif (La théorie de la relativité restreinte). Les aventures d'Anselme Lanturlu.
Ed. Belin, noir et blanc.

PILLE, P. - Le champion. Vivre mieux et plus longremps en contrôlant sa tension artérielle.
Santé, prévention, communication. Ed. Fédération Française de Cardiologie, 44 p., couleurs, p. 1-32, 1988.

PRACTE, D. - Le voyage de Darwin aux Galapagos.
Ed. Larousse, couleurs.

PRINCE, W. - Street wise in the works Drugs, sex 8 aids produit par the San Francisco Aids Foundation, noir et blanc, pp. 3-12.

PRINCE, W. - Men at work in "the works" Drugs, sex 8 Aids produit par San Francisco Aids Foundation, noir et blanc, pp. 29-34.

RESTLE, A. - Guide illustré du pétrole.
Paris: Belin, 144 p. 1986.

RIFAS, L. - AIDS News. Free comics.
Edited by P. Catlin fullwood, noir et blanc, 19 p., 1988.

SAINT-MARC, D., **BLOCH**, S. - On va avoir un bébé.
In Astrapi, no 229, couleurs, 30 p., 1988.

SERAFINI, D. - La jungle du corail (L'aventure de l'équipe Cousteau en bandes dessinées).
Ed. Robert Laffont, couleurs, 48 p., 1985.

SERAFINI, D. - Le galion englouti (L'aventure de l'équipe Cousteau en bandes dessinées).
Ed. Robert Laffont, couleurs, 48 p., 1986.

SERAFINI, D.- Les pièges de la mer (L'aventure de l'équipe Cousteau en bandes dessinées).
Ed. Robert Laffont, couleurs, 48 p. 1986.

SERAFINI, D. - L'île aux requins (L'aventure de l'équipe Cousteau en bandes dessinées).
Ed. Robert Laffont, couleurs, 49 p., 1987.

SERAFINI, D. - Les lions de la Calypso (L'aventure de l'équipe Cousteau en bandes dessinées).
Ed. Robert Laffont, couleurs, 48 p., 1987.

SERAFINI, D. - Le mystère de l'Atlantide (L'aventure de l'équipé Cousteau en bandes dessinées).
Ed. Robert Laffont, couleurs, 48 p., 1988.
SERIER, J.-B., **VAN PYK**, A. - Le caoutchouc en bandes dessinées.
Paris: Institut de recherche sur le caoutchouc, 33 p., 1986.

SOUTHWORTH, B., **BOIXADER**, G. - La chasse aux particules.
Tribune Ed., couleurs, 42 p., 1978.

STEWART, I. - Oh! Catastrophe (Les aventures de Rose Polymath).
Ed. Belin.

STEWART, I. - Les fractails (Les aventures de Rose Polymath).
Ed. Belin, noir et blanc.

STEWART, I. - Ah! Les beaux groupes (L'aventures de Rose Polymath).
Ed. Belin, noir et blanc, 70 p., 1982.

TARDY, C. - Merlot contre MST/Sida/Lamouche.
Paris (diffusion Syros), CRDP Grenoble, noir et blanc, 1987.

TAVLITZKI, J. - La formule magique.
L'ADN ou comment un lapin fabrique-t-il du lapin avec de l'herbe?
Ed. Belin, couleurs, 51 p., 1984.

UMBDENSTOCK, P. - "Pyre flor", l'efficacité contre les poux.
Laboratoire Clément (90 200 giromagny), couleurs, 4 p. et textes sur la Biologie du pou et son traitement.

VENDRELY, C., **JOUSSET**, M. - La Drépanocytose. Qu'est-ce que c'est?
Atelier Audiovisuel d'Information Médico Sociale, 57 Av. du Maine 75014 PARIS, couleurs, 32 p., 1989.

ZUPPINGER, **GAMBON**, R., **GOTZ**, C. - Toi et moi sommes diabétiques.
Paris Maloine, 52 p., couleurs, 1981.

Les rapports sciences/société et représentations scolaires

par Marta Anadòn
Faculté des sciences de l'éducation
Université du Québec à Chicoutimi

Séminaire sur la Représentation
2 février 1990 - n° 44

CIRADE, UQAM, février 1990

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR.

L'objectif de cette communication[1] est de mettre en évidence un certain nombre de réflexions sur l'étude des représentations sociales.

La recherche concrète[2] dont il sera question ici s'intéresse aux représentations que les étudiants de la fin du secondaire entretiennent à l'égard des rapports science/technologie/société. En dernière analyse, cette recherche vise à comprendre les liens qui existent entre les représentations scolaires de la science et la représentation "scientiste" qui domine dans la société. Depuis les travaux de Moscovici, on sait que les représentations individuelles sont une forme de connaissance socialement élaborées et engagent l'appartenance sociale des individus car elles sont reliées à des systèmes plus larges.

Ainsi, notre intérêt étant centré sur l'étude des représentations qu'entretiennent des adolescents à l'égard du sens social de l'activité scientifique, nous nous proposons, dans une première section, de cerner, à l'intérieur de la problématique de la sociologie des sciences, les dimensions qui orientent l'entrevue, car vouloir étudier les représentations des étudiants exige que l'analyste soit en mesure de se faire une image de la façon comme les étudiants se représentent les rapports sciences/société. Cela revient à dire que le chercheur a ses propres représentations et c'est à travers elles qu'il va comprendre ce qui lui est dit. Donc le chercheur doit formuler explicitement le modèle théorique qui servira de cadre interprétatif ou de lecture des discours des étudiants.

Dans un deuxième temps, nous allons situer la technique de l'entrevue semi-dirigée, alors que dans la troisième section, par le biais des réflexions issues des problématiques touchant les représentations et les théories du discours, nous allons expliciter très brièvement, sur le plan théorique, les composantes retenues dans notre analyse. Enfin, dans la dernière partie, nous présenterons les résultats généraux de l'analyse des entrevues.

On a longtemps cru que l'activité scientifique consistait en une entreprise purement intellectuelle, dénuée des conditionnements sociaux et idéologiques. Encore aujourd'hui, le positivisme scientiste nourrit l'étrange ambition de constituer une science objective, neutre et universelle, une science faite par l'Homme mais par un Homme passif, contemplatif et a-historique. Cependant, on reconnaît de plus en plus qu'aucune activité humaine ne pourrait être comprise, ni expliquée si on l'isole de son contexte, contexte qui n'est pas seulement intellectuel mais aussi social, politique, économique et idéologique.

En effet, depuis quelques décennies déjà, la dimension sociologique est sans doute inséparable de l'étude de l'activité scientifique. Et cela, depuis que la réflexion sur les sciences a cessé de considérer la production de connaissances scientifiques comme un processus exclusivement cognitif de quête de la vérité et a incorporé l'étude des rapports entre la structure sociale et ses institutions et le système du savoir dit scientifique. Le présupposé fondamental de ce domaine d'étude de la sociologie des sciences est que toutes les activités cognitives ont une existence sociale.

Nombreuses et variées ont été les réflexions sur ce thème. Plusieurs travaux ont pris de l'ampleur au cours des dernières années, bien que s'orientant dans des perspectives théoriques différentes. Toutefois, l'objectif commun est d'élucider ce que l'on désigne comme la socialité de la science en dépassant les dichotomies entre les dimensions sociales et cognitives[3], et entre les facteurs internes et externes[4] qui ont longtemps caractérisé les travaux en épistémologie et en histoire des sciences.

Cependant, le champ de la sociologie de la science est un domaine complexe, parfois mal défini, où s'articulent les résultats de travaux différents provenant de disciplines connexes telles: l'épistémologie, l'histoire, l'anthropologie, la psychologie et la linguistique. Il est donc difficile, à ce stade du développement, de lui donner un sens unique et absolument précis.

Ainsi, entre le postulat de l'objectivité du monde naturel et social et celui de la subjectivité, entre la recherche d'une vérité du savoir et celle d'une validation tributaire d'un contexte, entre la conception d'une observation objective des "faits réels" et la prise en compte de l'équation personnelle de l'observateur, les débats sur la socialité de la science apparaissent encore aujourd'hui comme un des points de rupture de la communauté scientifique. Cependant, il s'agit de mettre en évidence le fait que, s'il y a ne science, elle n'est ni le produit de génies, ni la résultante d'une méthode universelle is plutôt une pratique collective.

Bien que ces tendances distinctes et quelques fois incompatibles sont toujours présentes au sein de la sociologie de la science, cet ensemble de contributions et tout particulièrement celles issues de l'épistémologie contemporaine et de l'histoire des sciences, nous amène à reconnaître le caractère foncièrement social de la production du savoir scientifique. Alors, si l'on reconnaît que la connaissance scientifique est, en tant que processus et en tant que produit, la construction d'un sujet, d'une personne participant dans un temps et à un contexte social et culturel, on reconnaît *de facto* que cette connaissance est tributaire des critères et des normes socio-historiquement définies.

Le centre de gravité de la réflexion se déplace de la science objective, "pure" et porteuse de vérité, à une science créée par les hommes, adaptée à certaines valeurs sociales et culturelles et conditionnée par le domaine de la pratique[5]. La connaissance scientifique est donc posée comme une démarche de production et comme un produit résultant de l'activité créatrice des sujets tributaires d'un temps et d'un espace donnés. Cette dimension sociologique tente, entre autres, d'élucider le conditionnement social de l'activité scientifique.

C'est toute un renversement des conceptions qui s'ensuivit, puisque l'activité scientifique ne pouvait plus être pensée dans les termes d'une activité purement intellectuelle. Au contraire, elle sera conçue comme une activité incarnée dans la société, comme une pratique sociale parmi d'autres, une pratique institutionnalisée, réalisée par des acteurs sociaux et visant la production d'un savoir socialement légitimé. À partir de cette réflexion, le savoir scientifique, produit d'un contexte historique et social et discours sur le monde, n'est plus conçu comme une copie de la réalité ou comme un savoir-lecture du réel, mais plutôt comme un savoir construit par un sujet particulier dans un contexte social et historique. La production scientifique actuelle est l'œuvre d'une institution sociale. La science est irrémédiablement marquée par la société, elle en porte ses caractéristiques, tant dans son organisation que dans ses produits. Toute production scientifique prend place dans une société bien déterminée qui conditionne les buts, les agents et les modes de fonctionnement de la recherche.

Les idées qui ont émergé de ces questionnements ont traversé fort inégalement les milieux scientifiques et philosophiques. Et, dans nombre des cas, il semble que ces réflexions n'ont guère pénétré les activités pédagogiques et celles de vulgarisation des sciences. En effet, les médias offrent rarement l'information scientifique et technologique qui rendrait intelligibles quelques-uns des grands enjeux économiques, stratégiques, politiques et éthiques de l'heure.

Sur le plan qui nous intéresse, soit celui de la représentation de la science qui domine dans la société et dans les milieux éducatifs, plusieurs recherches[6] ont mis en lumière l'anachronisme de cette représentation qui concorderait avec les postulats essentiels du scientisme orthodoxe.

C'est à partir de ces études que nous en sommes venu à nous interroger sur les aspects suivants: Quels liens existent-ils entre les représentations qu'entretiennent les adolescents à l'égard de la socialité de la science et la représentation scientiste qui domine dans la société? Quelle est l'empreinte que laissent les cours de sciences sur les élèves du secondaire? Comment conçoivent-ils le travail des chercheurs et des entreprises scientifiques? Quelle image ont-ils d'un laboratoire ou d'un centre de

recherche? Quelle est la place qu'ils accordent à la science dans la société? Quelle est la place que la science occupe dans leurs visions du monde? Autant de questions-clés qui ont guidé notre recherche. Celle-ci s'est effectuée auprès de 24 adolescents terminant leurs études secondaires et s'orientant vers les sciences au niveau collégial.

Comme notre étude concernait les représentations qu'entretiennent les adolescents à l'égard de la socialité de la science, nous avons retenu la technique de l'entrevue de type semi-dirigé. En effet, il fallait recueillir des informations, des manifestations langagières, des images mentales, des arguments, des stéréotypes, des jugements qui s'articulent dans la construction d'une représentation. Il fallait s'adresser aux élèves pour tenter de dégager un ensemble particulier de conceptions, lequel, *a posteriori*, permettrait de définir les tendances plus ou moins homogènes des représentations qu'ils construisent de la signification sociale de la science.

Ainsi, notre protocole combine l'entretien ouvert avec quelques questions fermées, celles-ci sont les fils directeurs de l'entretien et permettent aux étudiants d'énoncer leur position générale quant aux rapports science<-->société. Les questions ouvertes, pour leur part, permettent de recueillir les expressions langagières d'une représentation qui émergerait difficilement dans le cadre d'une question fermée, car les représentations ne se donnent pas toutes faites dans les discours des interviewés; elles sont constituées de savoirs, de croyances, de notions dont disposent les sujets pour réfléchir et appréhender un objet particulier.

Cette modalité méthodologique s'est avérée le procédé le plus efficace et le plus économique pour obtenir les informations désirées. Il serait présomptueux de vouloir mettre à jour les représentations des étudiants à l'égard de la socialité de la science sans les interroger personnellement et sans les laisser réfléchir. L'entrevue donne la possibilité de l'exploration d'un thème donné plutôt que de restreindre la réponse, comme serait le cas d'un questionnaire fermé. Michelat[7] souligne:

> (...) chaque fois que l'on cherche à appréhender et à rendre compte des systèmes de valeurs, des normes, de représentations, des symboles propres à une culture ou à une sous-culture, son apport est essentiel.

En outre, l'entrevue donne au sujet interviewé la possibilité d'organiser son discours, de choisir des mots, de construire et reconstruire le sens, de cerner ce qu'il donnera comme "lecture" de la réalité. Bref, elle permet d'organiser le discours et les représentations que le langage met en forme. Dans ce sens, Vignaux[8] affirme:

Parmi tous ces moyens (perceptions physiques, auditives, visuelles), seul le langage est à même de les "mettre en forme" et surtout d'en assurer transmission et manipulation symbolique. En ce sens, il est bien fondateur de nos représentations du monde, comprises cette fois, non seulement comme procédures de traitement et de compréhension des in-formations, mais "exprimant" nos propres "repérages" personnels ou collectifs en vue de l'action symbolique sur ces représentations.

Notons, par ailleurs, que vouloir cerner ces représentations nous a obligé à délimiter les dimensions en vue d'orienter la construction du protocole d'entrevue et notre questionnement pendant l'étape de l'analyse des discours des étudiants. Les dimensions retenues s'inspirent de la réflexion contemporaine en sociologie des sciences. Nous nous sommes ainsi centrés sur les relations étroites qu'entretiennent la science, la politique, l'idéologie, l'industrie; sur les liens science-activité militaire; sur le conditionnement économique de l'activité scientifique; sur le rôle du chercheur et sa responsabilité sociale; ainsi que sur le rôle de la vulgarisation scientifique. Bref, le plan de l'entrevue a été organisé autour des dimensions institutionnelle, éthique et de vulgarisation de la science, sans oublier que ces dimensions entre-tiennent, entre elles, des relations étroites, dans la conception de la science comme pratique sociale. Bien que ces dimensions n'épuisent pas tous les repères conceptuels d'une problématique sur la sociologie des sciences, elles nous semblent condenser de manière appropriée les éléments susceptibles de nous permettre de questionner les étudiants sur les rapports science-société.

Ce protocole a été élaboré en prenant comme point de départ des manchettes récentes de l'actualité scientifique reliées aux rapports science/technologie/société*. Ces situations ou problèmes d'actualité ont été incorporés car, d'une part, ils permettaient d'illustrer le sens des interrogations et, d'autre part, ils rendaient possible une exploration du niveau d'information des étudiants et de leur façon de réfléchir sur les rapports science<-->société. En somme, élaboré à partir de notre compréhension des enjeux de la sociologie de la science, ce protocole a été conçu pour inviter l'étudiant à étayer sa position, à la préciser ou à la rectifier. En effet, pendant l'entrevue, nous avons observé, maintes fois, que les sujets revenaient sur leurs dires pour les développer, les préciser, les corriger ou pour souligner des incohérences, comme si l'entrevue leur permettait de prendre conscience de leur façon de penser et d'exprimer verbalement cette pensée. La façon dont chacun réfléchissait sur le monde semblait se modifier avec l'expérience de l'entrevue sous l'effet des discours reçus et des discours tenus.

---

*Quelques manchettes de journaux et de revues scientifiques (Le Devoir, Le Soleil, Science et Vie, La Recherche, etc.), nous ont permis d'amorcer les différents points de l'entrevue tels: l'explosion du Challenger, l'accident de Tchernobyl, le dossier pluies acides, le financement du gouvernement canadien pour la recherche, la banque de spermes de Prix Nobel, programme de défense stratégique des U.S.A., etc.

Une réflexion sur les représentations s'impose avant de présenter les résultats de l'analyse.

Des représentations et des discours

Mais que signifie le concept de représentation? Comment les analyser? Les travaux sur les "représentations" ont été abondamment débattus, nous ne suivrons pas ce parcours dans le cadre de ce travail. Notons, toutefois, que la notion de représentation permet de repérer et d'étudier un ensemble de phénomènes cognitifs, idéologiques et informatifs. Elle se constitue au terme d'un processus d'élaboration individuel, d'appropriation et d'interprétation de la réalité extérieure et d'intériorisation de modèles et de valeurs sociales, car la pensée individuelle s'enracine dans la pensée sociale. Bref, ce qui importe ici de considérer, c'est que "la notion de «représentation» est indissociable de celle de «communication» au sens de l'action symbolique sur le monde et sur autrui".[9]

En conséquence, considérant que l'une des caractéristiques de la représentation est d'être un système signifiant, notre réflexion doit être centrée sur la fonction de deux registres: celui de la pensée et celui du langage; car toute représentation peut être reconstruite et étudiée à partir du discours qu'un locuteur utilise pour communiquer sa pensée. Le discours est le lien et le support privilégié de la constitution et de la propagation des représentations. Dans ce sens, Vignaux souligne "toute cognition ne peut s'instaurer que discursivement".[10]

En effet, Vignaux articule sa réflexion autour de deux notions, celle de "langagier" et celle de "cognitif":

> Le "langagier" doit ici être compris au sens de "mise en œuvre" du système linguistique, le "cognitif" désignant l'ensemble de ces processus intériorisés et donc mentaux par lesquels nous acquérons des connaissances, des informations et les élaborons mentalement pour réguler, modifier ou adapter nos comportements.[11]

À la suite des travaux du Centre de recherche sémiologiques de Neuchâtel[12] et de Vignaux, nous concevons le discours comme une représentation discursive des représentations cognitives qu'un sujet se fait d'un objet ou d'un thème particulier. Toute représentation vise à "figurer" une certaine "idée" de façon à pouvoir la manipuler, la rectifier, la retravailler et la communiquer. C'est-à-dire qu'en décrivant une situation, en exposant un point de vue, en exprimant une conception, chacun de nous en fait une reconstruction des "objets du monde" et cela, sous forme d'images, d'idées, pour avancer

des nouvelles significations. Dans ce sens, les images et les idées sont actualisation de représentations dans le discours d'un individu. Ainsi, tout discours est représentation de quelque chose et ces images et idées nous sont données dans les activités de sélection et de prédication auxquelles tout discours se livre. En effet, tout discours choisit et sélectionne le ou les objets dont il traitera: notions, situations, événements, thèmes, personnes, ce qui permet à l'analyste de cerner autour de quoi le locuteur ordonne le sens qu'il construit.

De plus, tout discours caractérise les objets ou thèmes sur lesquels il porte, c'est-à-dire il juge, donne des attributs, qualifie les objets sélectionnés. Le travail sur ces opérations de **sélection** et de **prédication** nous permet d'identifier les objets discursifs et les propriétés que le sujet locuteur leur attribue. Le locuteur conçoit, organise et présente son discours afin de construire et de produire certains effets de persuasion, de conviction et afin d'induire une représentation. C'est justement à partir de l'observation de ces opérations que l'analyste peut identifier comment le discours organise la cohérence, comment les arguments avancés sont compatibles entre eux, comment ils se renforcent, s'impliquent mutuellement ou, au contraire, sont incompatibles et se contredisent.

Alors, chaque discours se présente comme construction de relations entre les objets, les contenus, les mots et cette construction va établir ce qui se donnera comme images personnelles ou collectives. Dans ce sens, à la suite de J.-B. Grize, nous concevons les représentations comme forme de connaissance. Elles sont des schèmes mentaux et langagiers d'appréhension d'un objet particulier.

Maintenant, la question qui se pose fait référence au travail d'analyse, car analyser un discours, c'est mettre en oeuvre une pratique de lecture qui doit répondre à des objectifs bien précis. Dans notre cas, l'intention est de dégager les représentations sur les rapports science/société que les étudiants mettent en oeuvre dans leurs discours respectifs.

La mise en forme et le découpage des matériaux constituent des opérations centrales dans le travail d'analyse des discours recueillis. En effet, c'est à cette étape que nous avons procédé à l'identification et au regroupement systématique des énoncés pouvant nous informer sur les différentes dimensions qui constituent notre protocole d'entrevue. Le repérage des réponses (idées, conceptions, images) vis-à-vis un thème, donnant une indication sur chacune des dimensions a constitué notre premier palier d'exploration des matériaux. Par la suite, nous avons regroupé les énoncés qui s'articulaient autour d'idées communes, tout en considérant, le cas échéant, les spécificités. Ainsi notre recherche du commun dénominateur passait par la mise à jour des particularités de chacun des discours.

Une réflexion méthodologique s'impose avant d'entrer dans la présentation des données. En effet, la constitution des thèmes consiste essentiellement à repérer des mots ou des énoncés se rapportant à la même idée. Alors, le problème qui se pose est relatif à la signification, dans la mesure où la constitution des thèmes suppose qu'un signifiant renvoie à un seul signifié. Afin d'échapper à cette critique adressée aux procédures d'analyse thématique, nous avons pris en compte tous les rapports polysémiques entre signifiant et signifié ainsi que la variation de signification d'une même unité sémantique selon les contextes dans lesquels elle se trouve placée. Un même mot peut renvoyer à différents référents et de cette façon, le même mot peut signifier des réalités divergentes selon le contexte qui les délimite, par exemple, un énoncé sur la notion de neutralité peut faire référence à l'objectivité de la science et aussi à la problématique de la responsabilité sociale du scientifique.

Notons enfin que ces opérations de découpage et d'analyse nous ont permis, d'une part, de dégager les significations mises en oeuvre dans les discours des étudiants et, d'autre part, de travailler sur les relations entre significations qui établissent les discours en construisant des représentations.

La présentation du travail d'analyse reproduit les dimensions retenues et les résultats généraux font l'objet des pages qui suivent.

L'analyse nous a permis de constater que les discours recueillis reconnaissent à la science un rôle "capital" dans la vie d'une société, même s'ils ne sont pas en mesure de détailler comment ce rôle est joué. Les notions d'évolution et de progrès cumulatif sont à la base de l'activité scientifique et celle-ci est affirmée comme référence majeure de l'avenir social.

Ainsi, la thématique des discours est centrée dans les notions d'«évolution» et de «progrès» que la science engendre car c'est elle qui, grâce à ses découvertes et ses applications, soulage la misère, la faim et la douleur dans le monde.

Seulement quatre étudiants ont formulé des énoncés qui s'écartent de cette tendance. Spontanément, ils ont fait une distinction entre la science "tout court" et ses applications sociales. On remarque qu'à la notion de progrès, s'associe la notion de risque, dichotomie qui se concrétise dans une réflexion sur les "bons" et les "mauvais" côtés de l'activité scientifique:

> La science, tout court, ça va bien mais ... il y a des gens qui matérialisent les idées de la science et ça peut devenir dangereux. Si l'on s'en sort mal, on peut faire des choses méchantes pour l'humanité (E2).

> ... risques, oui ... il y a un côté négatif, ça dépend de l'utilisation que l'on fait des recherches, mais la science, la découverte de nouvelles choses est toujours un progrès ... les retombées négatives sont le prix du progrès car sans risque, il n'y a pas d'évolution (E14).

Bien que la distinction entre le progrès de la science et les risques que ce progrès soulève pour l'humanité soit présente, elle s'estompe et une reconnaissance des bienfaits reliés au progrès scientifique prend place dans les discours. Ainsi, lorsque les conséquences du progrès scientifique sont jugées néfastes ou à risque, les élèves cherchent à valoriser la science et à différencier le produit scientifique de l'usage que la société (gouvernement, administrateurs, etc.) peut en faire.

Nous avons également pu observer que la majorité des répondants ont manifesté leur méconnaissance à l'égard de la politique scientifique d'un pays. Même si les discours tendent à faire reposer la politique scientifique sur une notion imprécise et mal définie, ils constituent des prises de positions à l'égard des rapports entre scientifiques et politiciens. À ce titre, quelques propos méritent d'être mentionnés:

> ... il n'y a aucun rapport ... Les scientifiques ont leur "job" à faire, ils doivent tenter de découvrir le plus possible et ils n'ont pas à se mêler de politique (E2).
>
> ... Il n'y a pas de rapports entre les scientifiques et la politique. Pourquoi? ... parce que le Canada est un pays très ouvert, il n'y a aucune barrière, ce n'est pas comme la Russie où le contrôle du gouvernement est sévère, ici [au Canada], chaque scientifique peut décider de faire ce qu'il veut, et les découvertes sont laissées à l'imagination des gens (E9).

Comme on peut le constater, ces propos illustrent le fait que pour les sujets, la science est un univers séparé de l'instance politique. Elle met à l'usage des politiciens, ses connaissances et ses découvertes, et se maintient à l'écart de tout processus de décision politique. Cette image de l'activité scientifique concourt à préciser la place des scientifiques au sein de la société. De même, on observe que cette place est réduite aux caractéristiques personnelles du chercheur, dévouement, curiosité, volonté et intelligence.

Bref, la majorité des répondants ne conçoivent aucun rapport entre la science et les instances politiques et économiques d'une société. Lorsqu'ils envisagent un rapport, c'est seulement sous l'angle du financement. L'équation est simple et se présente comme suit: le gouvernement fournit à la science le soutien financier et, au retour, bénéficie des retombées qui résultent de l'application des "découvertes" scientifiques, ainsi que des profits d'un tel investissement.

Les relations science-société sont à sens unique: pour eux, la science représente une source de progrès, de bien-être et de développement social, mais ni la société ni les idées d'une époque n'ont d'influence sur l'activité scientifique. Bref, ils ne conçoivent pas qu'un projet social traverse la science, car ils sont convaincus que la connaissance scientifique est la résultante d'une quête individuelle. Pourtant, lorsqu'on leur demande de citer les secteurs prioritaires de la recherche, ils mentionnent, en plus de la recherche médicale et de celle sur l'environnement, la recherche spatiale. Ce domaine devient essentiel pour faire du Canada "un pays fort et reconnu sur la scène internationale".

Bien que l'on remarque des contradictions au sein des discours recueillis et la présence d'informations qualitativement inégales, ces tendances que l'on peut associer à des conceptions désuètes de l'activité scientifique, semblent caractériser les représentations qui se dégagent.

Ces représentations présupposent de manière générale, que l'activité scientifique se développe en marge de la société, indépendamment des processus sociaux et historiques. Cette marginalité sociale de la science lui confère une valeur d'universalité et de neutralité, sans connotation d'aucune sorte.

Nous avons également observé que ces représentations de la science chez les élèves présentent des recoupements significatifs avec les tendances des programmes de sciences[13] ainsi qu'avec la conception de la socialité de l'activité scientifique chez les professeurs[14]. Néanmoins, et parallèlement à cette représentation a-sociale et a-historique de la science, les élèves sont ouverts à toute réflexion critique. Ils ont montré un grand intérêt sur ces questions et déplorent le silence que l'on garde, dans les cours de sciences, sur les sujets d'actualité scientifique.

Nous croyons que sur le plan de la didactique des sciences, les résultats de cette étude font ressortir l'importance d'introduire dans l'enseignement des sciences une réflexion sur les conditions de la production scientifique. Celle-ci permettra de faire un retour sur le contexte où s'amorce l'expérience scientifique comme pratique sociale. C'est sur ce préalable que l'on sera en mesure de garantir une prise de conscience des limites du savoir scientifique et aussi de garantir la construction d'une représentation de la science plus susceptible d'émancipation.

Sur le plan méthodologique, cette recherche, en considérant la conjonction discours/représentations, ouvre des voies d'investigation dans l'analyse des représentations sociales.

NOTES ET RÉFÉRENCES

1. Notre texte est la version remaniée d'une communication présentée au Colloque de l'A.R.Q. sur les pratiques de recherche à Trois-Rivières, septembre 1989.

2. Cette étude s'inscrit dans un programme de recherche plus vaste sur la "culture scientifique scolaire".
Voir:
DESAUTELS, J. et VALOIS, P. (1986). *La culture scientifique scolaire des années quatre-vingts: un programme de recherche.* Québec: MEQ.

3. La dichotomie entre les dimensions sociales et cognitives s'appuie sur des postulats épistémologiques d'origine positiviste qui confèrent au savoir scientifique un statut particulier (objectif, méthodique, neutre, universel) et séparé de la vie sociale.

4. Jusqu'à récemment, deux courants opposés ont dominé l'histoire des sciences, l'un qualifié d'internaliste et ayant trait à l'évolution des idées et l'autre externaliste qui intègre les rapports science/société.
Voir:
THUILLIER, P. (1973). La science moderne entre le Diable et le Bon Dieu, in P. Thuillier (1983). *Les savoirs ventriloques ou comment la culture parle à travers la science.* Paris: Seuil, Collection Science ouverte, pp. 31-42.

5. Comme le formulent certains auteurs, la technique peut précéder la science (c'est souvent le cas).
Voir:
CICOTTI, J.-L. et al. (1979). *L'araignée et le tisserand: Paradigmes scientifiques et matérialisme historique.* Paris: Seuil, Collection Science ouverte, p. 143.
Voir également à propos du conditionnement pratique et technique de la science dans une perspective socio-historique:
GILLE, B. (1978). *Les ingénieurs de la renaissance.* Paris: Seuil, Collection Points.
THUILLIER, P. (1979). Léonardo da Vinci et la naissance de la science moderne, *La Recherche*, n° 105, novembre, pp. 1100-1109.

6. **Sur la science du point de vue de la société.**
Voir notamment:
ETZIONI, A., NUNN, C. (1976). The public appreciation of science in contemporary America, in G. Halton et A. Blanpied (Éds.). *Science and its public: the changing relationship*. Boston: D. Reidel Publishing Company, pp. 229-281.
BON, F. et BOY, D. (1981). Les français et la science, *La Recherche*, n° 120, mars, pp. 344-352.
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE (1984). *Sondage d'opinion en matière de science et technologie*. Québec: Gouvernement du Québec, MESST, Direction des communications.

Sur la science scolaire.
Voir notamment:
DESAUTELS, J., LAROCHELLE, M. (1989). *Qu'est-ce que le savoir scientifique? Points de vue d'adolescents et adolescentes*. Québec: PUL.
DESAUTELS, J., ANADON, M., LAROCHELLE, M. (1988). *Le culte de la science*. Laboratoire des sciences sociales, Collection Rapports de Recherche, n° 28, Département des sciences sociales, Université Laval.
BERTHELOT, M. (1987). *La conception de la fonction sociale de la science chez les enseignants de sciences du secondaire et du collégial*. Rapport de recherche, Université Laval.
SOUQUE, J.-P. (1984). *La science scolaire des manuels*. Séminaire présenté au Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université Laval.
TREMPE, P.-L. (1982). *L'envers du décor: une étude de cas sur l'enseignement des sciences dans une polyvalente québécoise*. Étude réalisée par le C.S. du Canada, Université du Québec à Trois-Rivières.
TREMPE, P.-L. (1985). *L'enseignement des sciences au quotidien: nouvelles études de cas québécoises*. Communication présentée au Congrès des sociétés savantes, Société canadienne pour l'étude de l'éducation, Montréal.

7. MICHELAT, G. (1975). Sur l'utilisation de l'entretien non directif en sociologie, *Revue française de sociologie*, vol. 6, pp. 229-247.

8. VIGNAUX, G. (1988). *Le discours acteur du monde: Énonciation, argumentation et cognition*. Paris: OPHRYS, p. 166.

9. *Idem.*, p. 206.

10. *Idem.*, p. 191.

11. *Idem.*, p. 166.

12. Voir notamment:
GRIZE, J.-B. (1984). Une représentation des activités du discours. *Communication, Information*, vol. VI, nos 2-3, Hiver, Québec, pp. 359-372.
BOREL, M.-J., GRIZE, J.-B., MIEVILLE, D. (1983). *Essai de logique naturelle.* Berne: Peter Lang.
GRIZE, J.-B. (1985). *Nouvelles technologies et représentations de salariés français et suisses.* Document de travail, Centre de recherches sémiologiques de l'Université de Neuchâtel, n° 49.
GRIZE, J.-B. (1989). "Logique naturelle et représentations sociales", in D. Jodelet (1989) (sous la direction de), *Les représentations sociales.* Paris: Presses Universitaires de France, Collection Sociologie d'aujourd'hui.

13. DESAUTELS, J., ANADON, M., LAROCHELLE, M. (1988). *Opus-cit.*

14. BERTHELOT, M. (1987). *Opus.cit.*

Enquête sur les pratiques de recherche en éducation au Québec: synthèse et conclusion[1]

par Jean-Marie Van der Maren
Département d'études en éducation et d'administration de l'éducation
Université de Montréal

Séminaire sur la Représentation
9 mars 1990 - n° 45

CIRADE, UQAM, mars 1990

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR.

1. Les questions et la démarche

Trois problèmes étaient à l'origine de cette recherche lorsque les travaux furent entamés en 1986.

1° D'abord, nous nous interrogions sur l'état de "crise appréhendée" de la recherche en éducation à propos de laquelle les discours, comme certaines de nos observations lors de colloques, mettaient en évidence des querelles méthodologiques et épistémologiques.

2° Ce débat semblait culminer dans la critique de Carr et Kemmis (1986) qui nous laissait sur une question inquiétante, celle de l'existence même des sciences de l'éducation en tant que discipline académique. On peut reprendre cette question de manière moins radicale en se demandant si les recherches en ce domaine constituent une sciences "sur" ou une science "pour" l'éducation.

3° Face à ces interrogations, une action nous paraissait essentielle: abandonner les discussions idéologiques pour tenter une réponse empirique à la question des démarches effectivement suivies par les praticiens de la recherche en éducation.

Cela posé, une enquête était nécessaire mais elle n'était possible qu'à partir d'une *hypothèse de travail* à propos de l'existence d'une ou de plusieurs formes spécifiques de recherche en éducation. Elle se formule comme suit: étant donné que la pédagogie est vieille comme le monde alors que les canons de la recherche scientifique n'ont été établis que depuis le siècle dernier, on peut penser qu'il existe des modalités de recherche peu explicitées, non recensées par les manuels, mais suivies par ceux qui tentent de faire une recherche "pédagogique"[2] qui s'incrirait dans la filiation de la tradition pédagogique et qui respecterait l'éthique autant que les contraintes de l'action quotidienne.

De manière plus spécifique, l'enquête devait permettre des réponses à trois *questions de recherche*.

1° Que font les chercheurs en éducation, soit:
- comment construisent-ils leurs problématiques,
- comment choisissent-ils leurs techniques de constitution, d'analyse, de traitement des données,
- quels protocoles de communication privilégient-ils et
- sur quelles conceptions et quels critères de crédibilité établissent-ils la cohérence de leur programme de recherche?

2° Comment l'ensemble des pratiques rencontrées peut-elle se structurer en différentes classes de démarches identifiables?

3° Et enfin, si des classes pouvaient être identifiées, sur quelles bases cette identification peut-elle se faire?

2. Méthodologie

Les quatre sous-questions de la première question de recherche a constitué la base de la discussion lors des entrevues avec nos informateurs et elle a été reprise dans le questionnaire que nous avons ensuite envoyé à nos informateurs afin d'assurer la validité phénoménologique du codage des entrevues.

Les entrevues de trente chercheurs ont été effectuées, de fin octobre 1986 à mai 1987, à Chicoutimi, Montréal (Université du Québec à Montréal et Université de Montréal) et Rimouski. Le recrutement des informateurs s'est fait selon une cascade contrastée: partant d'un informateur connu dans chacune des quatre universités nous lui demandions de nous indiquer le nom d'un autre chercheur travaillant dans une optique divergente. Nous avions choisi cette procédure afin de couvrir au mieux l'éventail des recherches effectuées; il nous paraissait en effet important d'être plus sensibles à la diversité des démarches qu'aux tendances centrales. Pour des raisons budgétaires, la seconde entrevue prévue (validation du codage de l'entrevue principale) à été remplacée par un questionnaire et les 18 questionnaires de validation qui nous ont été retournés ont constitué la baze des données qui furent analysées.

Le codage initial des réponses s'est effectué en fonction de rubriques dérivées du *cadre conceptuel* que nous nous étions donné à partir des travaux de Kuhn (1962), Claval (1980), Lakatos (1968), Holton (1973), Lyotard (1979), Baillargeon (1983), Herman (1983), De Bruyne (1974) et d'observations issues d'un colloque et d'un symposium sur la recherche dont les actes avaient été publiés (Van der Maren et Painchaud, 1985; Van der Maren & coll., 1985). Il s'énonçait comme suit: le chercheur en éducation travaille à partir de présuppositions cognitives qui lui viennent, entre autres, de sa formation (lieu, moment, auteurs, tradition), et des disciplines contributoires (langage, auteurs ou concepts) empruntées à un bassin de référence autre que celui de sa formation. Ces présuppositions cognitives se réalisent dans des programmes de recherche qui se définissent en quatre termes: les problèmes, les méthodes, la communication et leur justification. L'actualisation d'un programme particulier sera fonction, entre autres, de facteurs circonstanciels interpellant le chercheur et l'amenant à s'intéresser à un

problème, ainsi que des modes de reconnaissance institutionnelle et de la conception du rôle professionnel qui y est attaché. L'énonciation du problème, les méthodes de constitution, d'analyse et de traitement des données, les modalités de communication des résultats et leur justification pourraient être influencées par la tradition académique et scientifique que partage ou que conteste le chercheur, par ses liens avec la pratique et la tradition pédagogique, par les facteurs circonstanciels, par les sources d'aide permettant la recherche et lui imposant ou non un format, par les conceptions de l'éducation et de la pertinence d'une recherche en éducation auxquelles adhère le chercheur, etc. Enfin, la justification que donne le chercheur à son programme sous l'angle de la cohérence des problématiques et des méthodologies peut dépendre des critères qu'il adopte de la crédibilité et de la légitimité des méthodes et des résultats.

Pour répondre à la 2e question, celle de structuration possible en classes de démarche, la méthode fut la suivante. Les catégories de réponses à chacune des rubriques (question ou variable) du questionnaire de validation ont été hiérarchisées, et on a remplacé le code conceptuel de chaque catégorie par le rang qu'elle occupe dans la hiérarchie, ce qui constitue une transformation numérique du codage qualitatif initial. Sur cette base nous avons utilisé le programme ANACONDA (ANAlyse CONviviale des données - DAta) mis au point par Jean-Jacques Girardot du laboratoire M.I.S. (Université de Franche-Comté, Besançon). Ce logiciel produit une analyse factorielle des correspondances dont la représentation spatiale examinée sur MacSpin permet de "voir" les regroupements des informateurs en regard de la position des variables sur les trois axes principaux. À partir de là, on pouvait plus facilement interpréter les grappes produites par la routine de classification ascendante hiérarchique d'ANACONDA. Une fois les grappes obtenues, on est revenu au codage conceptuel, c'est-à-dire qu'on a remplacé les rangs des matrices par les catégories qui y correspondent et l'on a examiné la consistance conceptuelle des grappes obtenues. Si cette consistance conceptuelle était faible, on modifiait l'arrangement des grappes de façon à l'améliorer. Ce retour au conceptuel et l'usage d'un critère de consistance conceptuelle malgré les analyses de correspondance nous paraissent essentiels dans la mesure où les analyses de correspondance n'ont pu être effectuées qu'à la suite d'une transformation des données et dans la mesure où nous ne voulions les utiliser que comme outil d'investigation, pour voir, car cette technique assez puissante comporte aussi des exigences que nos données ne respectaient sans doute pas.

Les réponses au questionnaire ont été ainsi examinées en neuf blocs portant chacun sur une des catégories de variables issues du cadre conceptuel que nous nous étions donné, soit:

•la formation des chercheurs (5 variables: lieu, temps, discipline de base et deux discplines contributoires à la formation en recherche)
•leurs préconceptions (4 variables: épistémologie, conception de l'éducation, espace de recherche, intention de recherche)
•leurs perceptions et leurs attentes professionnels (5 variables: rôle professionnel, pertinence et résonance visées, perception et vécu de la crise appréhendée)
•les facteurs institutionnels de stimulation et d'encadrement (3 variables: modes de reconnaissance institutionnelle, tradition académique, infrastructure de support)
•les facteurs circonstanciels de la recherche (2 variables: premier et second facteurs)
•les objets de recherche (4 variables: domaines d'enseignement, de recherche et de spécialisation, orientation théorique)
•l'orientation méthodologique générale (7 variables : modes d'élaboration des problématiques, type des théories dans la base et les conclusions, échantillonnage, cohérence programmatique et lien avec la pratique pédagogique)
•les techniques de constitution, d'analyse, de traitement des données et d'interprétation des résultats (11 variables: les deux techniques les plus favorisées de constitution des données, d'analyse, de traitement, d'interprétation et de validation, ainsi que le mode d'exploitation globale des données)
•le protocole de communication favorisé (7 variables: les deux premiers choix méthodologiques justifiées, les deux premiers canaux utilisés, les deux critères de crédibilités et la discussion des limites ou de la transférabilité)

Pour répondre à la 3e question, celle des facteurs qui permettraient d'identifier des classes de recherche, une analyse des correspondances et une classification ont été effectuées sur l'ensemble des neuf catégories de variables à partir du rang des grappes qui avaient été isolées pour chacune d'elles. Il s'agissait là d'une analyse de second niveau puisque cette matrice de 18 par 9 avait été composée à partir des résultats issus des analyses sur les neuf matrices analysées précédemment.

À la suite d'une modification du projet initial due aux contraintes imposées par une réduction du budget de la subvention, nous avons analysé, parallèlement aux enquêtes, 38 articles issus des numéros de la Revue canadienne de l'éducation (18) et la Revue des sciences de l'éducation (20) envoyés aux abonnés en 1986. Cette analyse a surtout porté sur le type des théories utilisées dans la rédaction de la problématique et des interprétations ou des conclusions de ces articles ainsi que sur le détour méthodologique conduisant de l'une aux autres.

3. Synthèse des résultats

3.1 Les dimensions discriminantes

En commençant par la fin des résultats de l'enquête, nous relevons d'abord que, sur les neuf catégories de variables examinées, cinq d'entre elles sont pertinentes lorsque l'on veut classer les profils de recherche décrits par les dix-huit informateurs pour lesquels le codage a été validé. Il s'agit des préconceptions, des objets, des facteurs circonstanciels, de l'orientation méthodologique générale et des protocoles de communication.

Les *préconceptions* des chercheurs se classent essentiellement sur ce que nous appelons les "intentions" de la recherche. Quatre types d'intentions discriminent les grappes: on trouve des recherches visant: 1° l'intervention, 2° le développement, 3° la compréhension et 4° l'explication. Nous avons aussi noté que deux variables non discriminantes auraient pu l'être si les 12 entrevues non validées étaient intervenues dans les calculs. En effet, les épistémologies codées dans les 18 protocoles sont dominées par le constructivisme alors que le reste du matériel comportait 7 références à une conception de la connaissance comme théorie de l'action. Une dichotomie est donc plus que probable au niveau de l'épistémologie. Nous avons aussi noté que l'espace de recherche des informateurs retenus est dominé par l'espace académique alors que les fiches non validées contenaient aussi 5 références à l'espace pragmatique. Ce dernier est donc probablement sous évalué dans nos résultats, alors que l'espace politique reste marginal lorsqu'on envisage les 30 entrevues.

Les *objets de recherche* de nos informateurs se répartissent en quatre classes bien identifiées auxquelles on pourrait adjoindre deux classes latentes parce que présentes dans les 12 entrevues non validées. Ces classes d'objets de recherche sont:

- •l'adaptation scolaire et l'individualisation
- •l'administration scolaire
- •les problèmes d'apprentissage et de didactique des mathématiques, des sciences et de l'informatique
- •les méthodes de recherche en éducation (classe minoritaire)

Les classes latentes sont:

- •les problèmes d'apprentissage et de didactiques des langues
- •le développement de matériaux (technologie de l'instruction)

Les *facteurs circonstanciels* à la source ou stimulant les recherches ont été analysés à partir d'une même liste reprise deux fois (premier et deuxième facteurs en

ordre d'importance). Trois grappes apparaissent alors jouant sur les combinaisons suivantes: 1° pression sociale et dynamique personnelle, 2° pression sociale et faille théorique, 3° dynamique personnelle et faille théorique. Nous reviendrons sur l'importance des pressions sociales et de la dynamique personnelle dans la recherche en éducation.

Les grappes sur l'*orientation méthodologique* générale se construisent sur la combinaison 1° du type de discours visé dans les conclusions où une dichotomie apparaît, celle opposant le discours stratégique au discours théorique, avec 2° la grande dichotomie méthodologique opposant le qualitatif surtout exploratoire (clinique, systémique, recherche-développement) avec le quantitatif descriptif et expérimental.

Enfin, les *modes de communication* se répartissent entre deux extrêmes: ils vont de protocoles orientés vers les praticiens (vers le professionnel) jusqu'à des protocoles typiques de l'homo academicus orienté vers les membres de sa caste, en passant par le chercheur en quête de subvention qui doit survivre et maintenir son capital de recherche en se faisant voir à divers congrès.

3.2 Les classes de recherche

Les cinq catégories d'analyse ci-dessus résumées paraissent suffisantes pour classer les diverses recherches effectuées par nos informateurs. Avant d'identifier ces catégories, se posait la question d'une structure possible en classe de recherche. Les analyses qui ont abouti au tableau annexé, montrent qu'il y a au moins six classes ou types de recherche qui se partagent le champ de l'éducation couvert par nos informateurs. Aux six grappes de ce tableau, il faudrait encore sans doute ajouter au moins deux grappes qui émergeraient en tenant compte des entrevues non validées. Il est probable qu'une classe supplémentaire au moins surgirait à partir des "préconceptions": soit une classe qui s'identifierait par sa référence à une théorie de l'action. Une autre classe émergerait sans aucun doute à partir des "objets" soit une grappe qui s'identifierait par les problèmes d'apprentissage et de didactique des langues. Mais il est clair que l'adjonction des fiches non validées, en faisant émerger au moins ces deux grappes, ferait peut-être éclater l'une ou l'autre des grappes isolées à partir des fiches validées.

La dénomination des grappes produites par nos analyses ne peut se faire par un mot-clef: l'imbrication des catégories de variables est trop complexe pour qu'une telle réduction puisse encore se faire. Le nombre de grappes observées (6 pour 18 informateurs) et leur complexité nous conduit à une conclusion: la recherche en

éducation est polymorphe et tout dogmatisme méthodologique doit être considéré comme pure spéculation.

L'analyse des 38 articles publiés en 1986 converge vers les résultats de l'enquête, bien qu'avec moins de souplesse parce que les revues imposent quand même un format général et parce que les catégories d'analyses des articles provenaient seulement de notre cadre conceptuel alors que l'analyse de l'enquête utilisait aussi des catégories apportées par les informateurs. Nous reprenons en bref les conclusions de cette analyse.

On a tout d'abord relevé que les problématiques des articles s'énonçait dans la majorité tant à partir de discours descriptifs qu'à partir de discours interprétatifs. Ensuite, on a observé que la plupart des conclusions comporte des prescriptions pour la pratique et cela dans une sorte de glissement puisque la comparaison entre les énoncés de problématique et de conclusion montre une diminution des descriptions et des interprétations au profit des prescriptions. Ce glissement vers ce que nous appelions alors le "prescriptif" et qui correspond à ce qui a été ensuite plus souvent catégorisé comme "stratégique" souligne la présence d'une préoccupation socio-professionnelle chez les auteurs. Cela converge avec l'importance de la pression sociale dans les facteurs circonstanciels. Enfin, nous avions été étonnés lorsque nous avons dû relever que la spéculation constituait une orientation méthodologique majeure, nettement plus répandue dans ces articles que les méthodologies empiriques qualitatives ou quantitatives. De plus, les analyses spéculatives, qu'elles soient critiques, conceptuelles ou inférentielles, semblent fournir le passage méthodologique le plus utilisé par les auteurs de ces articles entre des problématiques descriptives ou interprétatives et des conclusions prescriptives.

Il semble donc bien qu'une convergence existe entre les informations fournies par les entrevues et les analyses faites sur des publications, à l'effet que les pratiques de recherche seraient moins figées que ne pourraient le laisser croire certains discours sur la recherche. Les écrits et les récits de recherche en sciences de l'éducation reflètent un large éventail de méthodologie débordant l'importance souvent accordée par les manuels à la recherche empirique qu'elle soit exploratoire ou vérificatoire, qualitative ou quantitative. De plus, la pertinence socio-professionnelle fait partie des préoccupations des chercheurs même si la perception des modes de reconnaissance institutionnelle et les normes éditoriales des revues ne la privilégient pas.

Avant de réinterpréter ces résultats dans le cadre des problèmes qui se posaient à l'origine de cette recherche, il faut souligner une *limite importante* de ce travail. La technique de constitution de l'échantillon des chercheurs était la cascade contrastée,

technique qui vise à obtenir un portrait de l'éventail le plus large possible des variantes observables. C'est une technique qui met l'accent sur la dispersion plutôt que sur les tendances centrales. Mais, comme toute technique, elle peut avoir des failles. Dans ce cas-ci deux failles se sont glissées qui ont limité l'éventail des variantes observées.

La première vient de ce que notre porte d'entrée dans une des institutions était un groupe de chercheurs réunis autour d'une épistémologie. Les collègues ont réservé un très bon accueil à cette enquête mais lorsqu'on leur a demandé de fournir le nom de collègue travaillant de manière différente sinon opposée, ils ont eu tendance à fournir des noms de chercheurs travaillant sur des sujets et avec des méthodes différentes mais partageant la même épistémologie. La deuxième faille vient de ce que la seconde entrevue prévue a été remplacée par un questionnaire et que ce dernier ne nous a été retourné que par 18 des 30 chercheurs. Or, comme on pouvait s'y attendre, ce sont, en général, les informateurs les plus éloignés géographiquement et socialement du responsable de la recherche qui ont le moins répondu.

Ces deux failles expliquent la sur-représentation du constructivisme au détriment des autres épistémologies dont, surtout, celle qui réfère à la connaissance comme théorie de l'action. Ces failles expliquent aussi la sous-représentation de la didactique des langues, et en particlier du français langue maternelle, comme objet de recherche alors qu'un simple examen des annuaires suffit à faire voir que, pour diverses raisons, les spécialistes de ces disciplines sont bien plus nombreux au Québec que les didacticiens des sciences et des mathématiques qui sont sur-représentés dans notre échantillon.

4. Retour aux problèmes initiaux

4.1 Polymorphisme méthodologique et formation des chercheurs

La constatation empirique d'un polymorphisme méthodologique est, de notre point de vue, la plus grande richesse que manifeste la recherche en éducation. Le contenu des entrevues souligne de plus que les chercheurs rencontrés témoignent d'un souci de rigueur, d'une prudence interprétative et d'une certaine ingéniosité méthodologique. Selon nous, cela pourrait être interprété comme un signe de ce que le développement de la recherche dans ce champ peut prendre son autonomie et réclamer un statut propre dans l'éventail des sciences humaines.

Mais cela comporte aussi des implications dans lesquelles il faudrait s'engager. Si la recherche pratiquée est polymorphe, il faudrait que la formation des chercheurs en ce domaine ne privilégie pas seulement l'un ou l'autre des modèles méthodologiques

rencontrés ou imaginables. En effet, le corps des entrevues nous a montré que la méthodologie appliquée dans les recherches est le résultat de compromis, de choix, de combinaisons impossibles à réaliser à partir d'une formation monolytique. Le recours à un programme de recherche s'avère plus le résultat d'un calcul stratégique que l'application de quelques principes épistémologiques.

Ce que nous avons entendu recoupe bien les observations de Latour et Woolgar (1988) et nous conduit à de sérieuses questions sur l'enseignement de la méthodologie de la recherche. On doit se demander si, dans beaucoup de cas, cet enseignement n'est pas le lieu d'une vaste tartufferie: on enseignerait, nous semble-t-il, trop souvent un modèle vertueux de la recherche impossible à exécuter et qu'en fait aucun chercheur ne respecte. Pourquoi suggérer, sinon imposer, à nos étudiants un ensemble de procédures très contraignantes que les praticiens ne cherchent même plus à suivre? Pourquoi rêver en sciences humaines d'une image de la scientificité qui n'est qu'un mythe, que l'on attribue aux sciences exactes, mais qui ne correspond même pas à leur réalité contemporaine? Pourquoi vouloir imposer une unité méthodologique qui n'est qu'un jeu de leurre symbolique et se mettre ainsi dans la position des prosélytismes religieux?

Il y a urgence: il faut repenser les manuels de méthodologie, il faut composer des manuels de référence qui exposent ce polymorphisme méthodologique et présentent une vue réaliste des stratégies de recherche effectivement pratiquées en éducation. Mais ceci impose que les auteurs de ces manuels soient aussi des chercheurs qui ne se satisfassent d'exposer la seule méthodologie qu'ils ont apprise lors de leur thèse ou à l'occasion d'une sabbatique et qu'ils maîtrisent comme une routine parfaite. Il importe donc que la méthodologie devienne un objet de recherche empirique, qu'elle soit documentée dans toutes ses variantes, et que l'enseignement de la méthodologie de la recherche en éducation ne soit plus l'énoncé d'un "idéal" mais une réflexion documentée des stratégies effectivement suivies dans la pratique. Dans ce domaine, il est temps que la crédibilité des discours se reconnaisse à leur pertinence et à leur engagement dans diverses pratiques de recherche: on ne peut plus y tolérer ceux qui réclament que les autres fassent ce qu'ils sont incapables de pratiquer. S'il est vrai que la recherche en éducation est en droit de revendiquer un statut autonome, il importe que l'on y énonce, clairement et en référence aux pratiques de ce champ, la diversité des méthodologies qui concourent à son développement.

4.2 La crise de la recherche et son avenir

La crise appréhendée par ceux qui discourent à propos de la recherche en éducation, ne semble pas correspondre à celle que décrivent les praticiens de la recherche en éducation. Les praticiens reflètent aussi, bien sûr, le discours des philosophes, des historiens et des méthodologues, mais le corps des entrevues nous parle plus de deux choses.

D'abord, les chercheurs semblent dénoncer un double écart entre les discours et les pratiques. Le premier écart se situe au niveau des méthodologies, lorsqu'il s'avère que les prescriptions méthodologiques sont impraticables si l'on veut tenir compte des caractéristiques de l'objet et de son contexte. Le second écart est placé entre les connaissances acquises par la recherche et les pratiques pédagogiques mises en place dans le quotidien scolaire. Mais c'est ici que nous voudrions rappeler une observation curieuse: nous avons noté que, d'une part, les chercheurs sont sensibles aux pressions sociales et l'on ne s'étonne donc pas de leur perception de l'écart. Mais d'autre part, nous avons aussi noté que les protocoles de communication orientés vers les professionnels de l'éducation sont minoritaires alors que le protocole type de l'homo academicus remporte encore la palme chez le tiers de nos informateurs! Comment ne s'adressent-ils pas plus aux professionnels s'ils sont si sensibles à l'écart entre les discours et les pratiques?

La seconde plainte entendue porte sur l'inefficacité de la recherche à influencer la pratique. Les chercheurs insistent sur la lourdeur du système scolaire et sur son conservatisme, que cela soit au niveau des praticiens et des administrateurs du primaire, du secondaire ou du niveau universitaire. Alors qu'ils évaluent que leurs recherches apportent potentiellement des solutions ou des innovations, ils attribuent à ce conservatisme la résistance du système scolaire à l'impact de la recherche. Comment se fait-il que les professionnels ne tiennent pas plus compte des résultats de la recherche? Le conservatisme dénoncé est-il seul responsable?

Plusieurs facteurs conduisent probablement à cette situation. En tenant compte de ce que tous disent que les publications scientifiques constituent l'élément principal de reconnaissance institutionnelle, on peut comprendre que les modes de l'institution canalise une partie des communications et que les chercheurs aient le sentiment qu'il serait suicidaire de ne publier qu'en fonction du milieu professionnel. Cette faible importance accordée à la communication vers le milieu professionnel explique en partie que celui-ci ne répercute pas plus les résultats de la recherche. Mais nous pensons qu'il y a plus.

Nous croyons qu'une voie de compréhension de cette distorsion entre la sensibilité à la pertinence professionnelle et le faible impact professionnel de la recherche réside dans l'importance de la dynamique personnelle parmi les facteurs circonstanciels à la base des recherches. Cette hypothèse, dont l'application est sans doute limitée au sous-domaine de la recherche didactique, s'expliciterait de la manière suivante.

Il semble bien que, dans 13 cas sur 18, une dynamique personnelle soit à la base de la recherche, c'est-à-dire que l'entreprise sert à répondre à des questions que le chercheur se pose, et cela la plupart du temps, à l'occasion de son enseignement (soit l'éclaircissement d'un contenu d'enseignement à propos duquel le chercheur ou ses étudiants sont insatisfaits des théories existantes, soit la résolution d'un problème d'enseignement, etc). Or, la quête d'une solution implique une mise à distance: psychologiquement, il est plus facile d'étudier les problèmes des autres que les siens, on y voit plus clair, et méthodologiquement la mise à distance est plus facilement opérée par une instrumentation appliquée à d'autres qu'à soi-même.

Afin d'opérer cette mise à distance permettant d'entreprendre une recherche "scientifique", les chercheurs en éducation ont changé d'objet, ils ont retourné la médaille et entrepris l'analyse de la face qui ne leur ressemble pas. Plutôt que d'étudier les difficultés d'enseignement rencontrées par les professionnels ou par eux-mêmes en tant que professionnels de l'enseignement (le niveau d'enseignement n'introduisant pas un écart suffisant), ils se sont mis à étudier les difficultés d'apprentissage des élèves. Le recours aux outils et aux théories de la psychologie a facilité ce renversement de la médaille et un "glissement" ou une "transposition didactique" (au choix) l'a justifié: on a alors pensé que connaître les difficultés d'apprentissage des élèves permettrait de résoudre les difficultés d'enseignement des professeurs. Ce faisant, la recherche a glissé: elle est devenue une recherche sur les bénéficiaires (?) de l'éducation et non plus une recherche pour les acteurs de l'éducation. En outre, les professionnels de l'éducation réagissent à ce glissement: les difficultés d'apprentissage des élèves, ils en ont l'expérience, ils sont les premiers à les constater même s'ils ne savent les expliquer. Ils n'ont pas besoin des chercheurs pour entendre parler des difficultés des élèves. Mais ils aimeraient bien que les chercheurs leur parlent de leurs difficultés, non pas pour les condamner ou pour leur dire qu'ils ont mal fait, mais pour les aider à résoudre leurs problèmes d'enseignement, car ils sont aussi convaincus que l'explication des difficultés d'apprentissage est insuffisante à résoudre leurs difficultés d'enseignement.

On comprend alors que le glissement des recherches vers un objet mis à distance, soit les difficultés d'apprentissage, au détriment d'un objet trop proche, les difficultés d'enseignement, ait conduit les professionnels à cet écart à l'égard des chercheurs. Le

conservatisme des professionnels de l'éducation, s'il existe, ne peut donc être considéré comme le seul responsable, car non seulement les chercheurs s'adressent peu aux professionnels mais, lorsqu'il le font, ce serait pour leur parler de choses qui ne concernent pas leurs priorités. L'écart s'est creusé des deux bords.

Y-a-t-il une solution à ce problème? Il y en a sans doute plusieurs. D'abord réorienter la recherche sur son objet initial: les difficultés d'enseignement. Les psychologues s'occupent assez bien des difficultés et des théories de l'apprentissage, dès lors les chercheurs en éducation peuvent leur laisser ce champ et s'occuper des problèmes d'enseignement. Les chercheurs disposent maintenant de techniques apportées par les méthodologies qualitatives qui permettent de se garantir d'un minimum de validité quand l'objet n'est pas mis à distance. L'enquête a montré que la plupart de nos informateurs connaissent ou sont ouverts à ces méthodologies; ils pourraient les utiliser à propos de l'enseignement. Ensuite, on pourrait imaginer que surgissent en éducation des spécialistes de la recherche qui, tout en connaissant bien l'éducation par une formation initiale en ce domaine et par des contacts soutenus avec les professionnels, ne se sentiraient pas obligés eux-mêmes d'enseigner, ce qui leur rendrait possible de se ménager la distance psychologique minimale leur permettant d'entreprendre et de poursuivre des recherches au bénéfice de l'éducation.

Cette enquête ne clot donc pas le sujet, elle conduit vers de nouvelles exigences. Il faudrait maintenir l'ouverture du discours méthodologique aux pratiques et renverser le rapport de validation: ce sont les contraintes rencontrées et surmontées par les pratiques de recherche qui peuvent fonder la pertinence du discours et se rappeler que si le discours peut critiquer les pratiques il n'a aucun droit pour les censurer. Par contre, le discours méthodologique devrait documenter, réfléchir et formaliser la diversité des pratiques afin d'assurer le polymorphisme méthodologique qui fera la richesse de la recherche en éducation tout en lui permettant de retrouver l'objet originel des discours pédagogiques: les problèmes que vivent les professionnels de l'éducation.

Notes

1 Cette recherche, réalisée avec la collaboration de Jacques-Bernard Roumanès, Suzanne Mainville et Marie Francoeur, a pu être menée à bien grâce à une subvention du Conseil de recherche en sciences humaines du Canada, numéro 410-86-0250

2 La "Pédagogique" est le terme proposé par Pierre Gillet ("Pour une pédagogique", 1987) lorsqu'il réclame, comme Carr et Kemmis, que soit reconstruit un discours pour l'éducation ayant comme objet la situation éducative et qui s'appuie sur les acteurs et leur tradition.

RÉSUMÉ

En réaction aux discussions idéologiques sur la crise de la recherche en éducation, on a tenté d'obtenir une réponse empirique à la question des démarches effectivement suivies par les praticiens de la recherche en éducation. On a mené une enquête par entrevues auprès de 30 chercheurs du réseau universitaire québécois recrutés par cascade contrastée. L'analyse de 18 de ces entrevues a été validée par questionnaire auprès des informateurs, puis les données ont été traitées par analyse des correspondances et par classification ascendante hiérarchique. On a observé que la méthodologie en éducation est polymorphe, qu'elle se construit plus par choix stratégiques qu'épistémologiques, que les publications recourent beaucoup aux analyses conceptuelles, critiques et inférentielles, et que ces conceptions et démarches sont rarement documentées dans les manuels. On conclut à l'urgence de revoir la formation et les manuels de méthodologie afin qu'ils correspondent aux pratiques de recherche de ce champ plutôt qu'à un discours idéal et censurant importé d'ailleurs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Baillargeon, N. (1983). *Étude exploratoire d'une pratique et du concept de l'hypothèse.* Thèse de Ph.D. en sciences de l'éducation, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal.

Carr, W., Kemmis, St. (1986). *Becoming Critical.* Education, Knowledge and Action Research. Philadelphia, PA.: Deakin University Press & The Falmer Press, Taylor & Francis Inc.

Claval, P. (1980). *Les mythes fondateurs des sciences sociales.* Paris: P.U.F.

De Bruyne, P., Herman, J., De Schouteete, M. (1974). *Dynamique de la recherche en sciences sociales.* Paris: P.U.F.

Gillet, P. (1987). *Pour une pédagogique.* Paris: P.U.F.

Herman, J. (1983). *Les langages de la sociologie.* Paris: P.U.F.

Holton, G. (1973). *Thematic Origins of Scientific Tought.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Kuhn, T.S. (1962). *The Structure of the Scientific Revolution.* (2d Ed.). Chicago: University of Chicago Press.

Latour, B., Woolgar, S. (1988). *La vie de laboratoire.* La production des faits scientifiques. Paris: Éditions La découverte.

Lakatos, I. (1968). Criticism and the methodology of scientific research programs. *Proceedings of Artistotelian Society*, 69, pp. 149-186.

Lyotard, J.-F. (1979). *La condition post-moderne.* Paris: Éditions de minuit.

Van der Maren, J.-M., Painchaud, G. (Eds.), (1985). *Objets et méthodologies en recherche qualitative.* Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal.

Van der Maren, J.-M. & coll. (1985). *Stratégies pour la pertinence sociale de la recherche en éducation.* Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal.

TABLEAU

Grappes sur les neuf catégories de variables: dynamique par groupe

Suj	Format	Préconcept	Percep-att	Fact.Inst	Fact.Circ.	Objets	Méth.Gén.	Techn.Rech	Commun.
1a	PQ	Act-Prag	Soc.Sc-Cs	Tr + ,IF -	Soc.Thé	Adapt	L	SI,G,S	Profes
1b	S&Q	DévlObj	Prat.Ddire	Tr + ,IF -	Pers.Thé	Adapt	L	SI,G,S	Cher
2a	A.SYS	DesCompr	Rec.Under	Tr + ,IF -	Soc.Thé	Admin	Stra L	SI,G,ExL	Ens.Profes
2b	S&L	Act-Prag	Rec.Th-Pr	Tr - ,IF+	Pers.Soc	Adapt	Stra L	SI,G,ExL	Profes
2c	A.SYS	DévlObj	Prat.Ddisc	Tr + ,IF -	Pers.Thé	nl.Tech.	Stra L	P,G,ExS	Profes
3a	S&L	Explicat	Intel-F	Adm.TrIF -	Pers.Thé	Admin	S&Q	PS,GX,S	Acad.Taz
3b	S	Explicat	Rec.Under	Adm.TrIF -	Pers.Thé	MatSci	S&Q	PS,GX,S	Ens-Cher
3c	S	Explicat	Rec.Under	Tr + ,IF -	Pers.Thé	Admin	S&Q	PS,GX,S	Cher
3d	Math	Explicat	Ens.Di-Fai	Tr - ,IF++	Pers.Soc	MatSci	Stra S	P,G,ExS	Acad.Taz
4a	Ycog	DesCompr	Rec.Th-Pr	Tr ≠ ,IF ±	Pers.Soc	MéthRec	Stra S	P,X,S	Ens.Cher
4b	S&Q	DesCompr	Ens.Di-Fai	Tr + ,IF -	Soc.Thé	MatSci	Stra S	P,G,ExS	Cher
4c	S&Q	DévlObj	Rec.Under	Tr - ,IF +	Pers.Thé	MatSci	Stra S	P,G,ExS	Ens.Cher
4d	Ycog	DesCompr	Rec.Under	Tr - ,IF +	Pers.Thé	MatSci	S≠Q	P,X,S	Ens.Profes
5a	PQ	Act-Prag	Ens.Di-Fai	Tr = ,IF ±	Soc.Thé	Adapt	Stra S	P,X,S	Acad.Taz
5b	S&Q	Act-Prag	Prat.Ddisc	Tr - ,IF +	Pers.Soc	MatSci	Stra S	PS,GX,S	HomoAcad
6a	YF	DévlObj	Intel-F	Tr - ,IF +	Pers.Soc	nl.DI	S≠Q	PS,GX,S	HomoAcad
6b	Ycog	Explicat	Intel-F	Tr - ,IF++	Pers.Thé	MatSci	S&Q	P,G,ExS	HomoAcad
6c	S&Q	DesCompr	Rec.Under	Adm.TrIF -	Soc.Thé	nl.YL	L	P,m,M	HomoAcad

LÉGENDE DU TABLEAU PAR CATÉGORIE DE VARIABLES

FORMATION: P = éducation; Q = Expérimental; A.SYS = Analyse de système, Y = psychologie; F = philosophie; Math = mathématique; cog = cognitive

PRÉCONCEPTIONS: Act.Prag = Intervention et pragmatisme; DévObj = développement et objectivisme; DesCompr = Description et Compréhension; Explicat = Académique et explication

PERCEPTIONS ET ATTENTES: Soc = pertinence sociale; Sc-Cs = écart entre science et conscience, entre épistémologie et déontologie éducative; Prat = pertinence professionnelle; Ddisc = différence entre les discours; Ens = Vers l'enseignement avec pertinence professionnelle; Di-Fai = écart entre discours et pratiques éducatives; Rec = recherche et développement théorique; Th-Pr = écart entre les discours sur et les pratiques de recherche; under = underground, efficace non reconnu; Intel-F = développeur de savoir et si crise, formelle

FACTEURS INSTITUTIONNELS: Tr = tradition académique; IF = infrastructure; Adm = administration comme première fonction valorisée; " - " = faible; " + " = moyen à bon; " ++ " = bon et directif; " = " = incohérent

FACTEURS CIRCONSTANCIELS: Soc: pression sociale ou des praticiens; Thé = faille ou problème théorique; Pers = dynamique personnelle

OBJETS: Adapt = adaptation sociale ou scolaire, individuation; Admin = administration; ni = grappe sans identité; Techn = technologie; DI = informatique et intelligence; YL = psycholinguistique et enseignement des langues; MatSci = enseignement des mathématiques et des sciences; MéthRec = méthodologie de la recherche

MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE: S = quantitatif; & = et; L = qualitatif; Stra = recherche stratégique, praxéologique; " ≠Q " = non expérimental; " Q " = expérimental

TRAITEMENT: SI = données suscitées et d'observation participante; P = données provoquées; PS = données provoquées et suscitées; G = analyse catégorielle; X = analyse numérique; GX = analyses numérique et catégorielle; m = analyse multimodale; S = traitement quantitatif (statistique); ExL = traitement exploratoire qualitatif; ExS = traitement exploratoire quantitatif; M = traitement multimodal

COMMUNICATION: Profes = vers le professionnel; Cher = professeur-chercheur; Ens-Profes = Enseignement supérieur et professionnel; Acad.Taz = Academicus tous azimuts; HomoAcad = Homo Academicus

The Inductive Curriculum:
Integrated Teaching and Learning
for the Middle School

par Leslie D. McLean
Ontario Institute for Studies in Education
Toronto

Séminaire sur la Représentation
10 novembre 1989 - n° 46

CIRADE, UQAM, mars 1990

DRAFT. **Do not cite or copy in its present form.** This research was supported by the Ontario Ministry of Education through its Transfer Grant to the Ontario Institute for Studies in Education (OISE). It reflects the views of the author and not necessarily those of the Ministry or of OISE.

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR.

There is a sense of crisis in science education and a feeling that mathematics teaching is languishing in doldrums going back to the turn of the century[1]. There is concern at all levels, and certainly in the middle school--grades 7 and 8, perhaps 9. These years have always been difficult, and many organizational arrangements and curriculums have been tried. Contributing to the malaise is a growing recognition that achievement testing contributes little or nothing to the improvement of teaching and learning. The student evaluations that do guide teaching are carried out with varying degrees of success by individual teachers, who receive little or no help or training in evaluation (McLean, 1985; Stiggins, 1985). Assessments of achievement tell us there are problems but give few hints as to what should be done.

National and international surveys of mathematics achievement have shown that about half the students in North America are still not able to do simple percentage problems by the end of grade 8,[2] about a third to one-half fail at numerical operations more complex than simple addition and subtraction, and the success rate is rarely as high as 50 percent on any but the simplest word problems (McLean, 1982; McKnight et al., 1987; McLean, Wolfe, & Wahlstrom, 1987). The shortcomings are not unique to the middle schools, of course; one study in the USA found no teaching at all of applications involving percents by 34 Grade 4 and 5 teachers in 17 schools (Porter, 1989). This performance bodes ill for science and mathematics in the secondary school and falls short of that needed in a modern technological society. There is plenty of room for improvement.

The present paper describes an approach designed to replace the abstract, rule-driven structures by meaningful, practical problem solving in a way that integrates language arts with other subjects, including mathematics and science. The inductive curriculum has roots going back to Locke, Rousseau and Dewey (Swartz, 1985), but it owes its present inspiration to communicative, or functional language theories and their implications for teaching and testing (Hymes, 1964; Canale & Swain, 1980; Gorman, 1986). The teaching approach has been shaped by developments in language teaching, but there has also been extensive borrowing from three current streams in educational research and development, (a) cognitive science, especially situated cognition (Brown,

---

[1] Crisis in science: (Duschl, 1985; Science Council, 1984); doldrums in match: (Crawford, 1970; Sirotnik, 1983); international studies: (McLean, Wolfe, & Wahlstrom, 1987; McKnight et al., 1987); "national" studies: (McLean, 1982; Connelly, Crocker, & Kass, 1985).

[2] On nine ratio and proportion items in the international survey, an average of 42 per cent of Ontario students answered correctly at the beginning of the year and 50 per cent at the end. On eight items covering percent, the percentages correct were 36 and 49. A province-wide survey in 1981 revealed only a little more growth through Grade 10.

Collins and Duguid, 1989) and metacognition (Schoenfeld, 1985; Haller, Child and Walberg, 1988), (b) social psychology, especially cooperative learning in small groups (Johnson, Johnson & Maruyama, 1983; Deutsch, 1985; Wettersten, 1987; Slavin, 1983), and (c) educational evaluation, especially evaluation of student achievement by means of portfolios, sometimes called records of achievement (Broadfoot, 1988; Hargreaves, et al., 1988).

Language Theories

The essential ideas for the inductive curriculum emerged from study of the work of those who have reformed language teaching and testing over the past decade (Thornton, 1986). The reforms in language teaching are based on *functional*, or *communicative* theories of language, theories that emphasize the purpose of language and the primacy of communication in context. These stand in opposition to *structural* theories that imply frameworks for language (and science and mathematics) that stand independent of purpose and context.

Mathematics and science curriculums are not usually analyzed from this perspective, but the formalism and universality claimed for them put them firmly in the structuralist camp. The authors of one study decried the lack of reference to the role of science in society, and technology in particular, and dubbed the approach "textbook science" (Science Council, 1984, p. 37). Others have documented how "teachers rarely or never addressed the noncontent components of science in their presentations and academic work assignments" (Mitman, 1987, p. 611).

Language teaching, both first language and other languages, reached a crisis in North America about twenty-five years ago, especially in what were then commonly called *foreign languages*. It was no longer adequate just to be able to read other languages; people wanted to be able to communicate--to speak with others and to understand what they said. There was also a realization, still unfolding, that too many students were not even learning their own first language well by being taught and drilled on its structure. Teaching rules and their application left many students with poor communication skills, especially in writing. One survey suggested that perhaps 25 percent of adults (almost all with more than eight years of schooling) are functionally illiterate (Creative Research Group, 1987). The key that unlocked new and promising teaching approaches was the recognition of the primacy of meaning--structure had to be made the servant of meaning rather than the master.

Meaning, however, is not a fixed feature just waiting to be discovered. Instead, meaning is continually created as individuals interact with their environment[3]. This view of meaning revealed daunting complexities for language teaching and testing, because language therefore has meaning only in context, and context includes knowledge, past experience, manners and mores and more.

The dependence of meaning on context presents a special challenge to the definition and measurement of school achievement. If achievement means communication, then every task set to examine someone's ability to communicate, to get the meaning across, has to provide a context. To be complete, tasks must specify who is communicating with whom, under what circumstances, for what purpose. Knowledge of the gender as well as the relative age and status of the participants is sometimes necessary if one is to choose the most appropriate form of communication. The idea that achievement is context dependent in this complex way is still not understood and accepted by many in the measurement community, but language teachers know it (Gorman, 1986; McLean & Goldstein, 1988). There are fascinating parallels between developing paradigms in language and in science (Weaver, 1985), and a growing awareness of the importance of language to mathematical understanding (Joffe and Foxman, 1989).

The Inductive Curriculum

The initial objective of the inductive curriculum was to implement functional theories for the teaching of mathematics and science in ways similar to those that are shaping teaching and testing in language arts. These theories also provide a definition of achievement from which assessment teachniques can be derived and defended. As development proceeded, it became clear that any such implementation would have to involve the use of language to such an extent that integration of language arts with mathematics and science was a natural and desirable outcome. Such integration was therefore attempted in a more conscious and systematic way. Attention is given to official guideline topics (energy, light, geometry,...), but they are tucked anonymously inside sets of meaningful problems. To emphasize function and purpose, the problem sets are given names such as, *Making Sense of Opinion Polls and The Community Centre Gets a Pool*. Research, now backed by experience, suggest that more students, especially in the middle school, will learn mathematics and science skills and concepts

---

[3] The ideas on which this recognition was based were formulated in Europe before the turn of the century, but even though he elements were set out in English before World War II, it was some time before they affected teaching in North America (Rosenblatt, 1938).

by working on problems meaningful to them, problems in which they see a purpose for the skills and concepts. Meaningful problems offer natural ways to integrate language arts with science, mathematics and social studies.

In the inductive curriculum, students work cooperatively with the teacher, in pairs or in small groups. The objective is for *all* students to bring their background knowledge to bear and to learn the new skills and approaches necessary to solve the problems.[4] Since the objective is for all students to learn the skills, individuals will be set their own problems at an appropriate time in order to evaluate their skill and understanding. Functional curriculums lend themselves best to evaluation via systematic cumulative records of performance, e.g. folders of work completed and marked by the student, the teacher and other students. Each such folder is unique for every student, but samples of content at several levels of performance must be established for marking so that standards are understood. We now turn to the examples.

Problem Sets

A review of mathematics and science texbooks reveals some creative and challenging exercises and problems--as well as many contrived and meaningless ones. The common feature, however, is the lack of a meaningful context--most entirely lack a real context. Two examples are given in Figure 0-1, neither especially good nor especially bad illustrations.

Figure 0-1: Exercises reproduced from Grade 7 or 8 mathematics textbooks to illustrate neutral or absent context and purpose*

An airplane is flying at 1760 m (represented by + 1760) above sea level. A submarine is 185 m (represented by - 185) below the water surface. What is the distance between the airplane and the submarine?

Starting at 6 a.m., two buses leave from the same stop. One downtown bus returns to the stop every 12 minutes, and the other bus returns every 18 minutes. Indicate the next two times that both buses leave this stop together.

Curriculum Guide 1987, B.C. Mathematics, Grades 1-8. Examples are taken from Grades 7 and 8.

---

[4] Some writers would limit the term *problem solving*, e.g. "A problem that holds no surprises in store and that can be solved comfortably by routine or familiar procedures... is an exercise".
(Schoenfeld, 1983). These authors might refer to many of the problems proposed here as *exercises*. We will continue to refer to them as *problem sets* and to the process of arriving at solutions as *problem solving*, inviting the readers to think of them as exercises if they wish.

This concern for context and meaning shares some elements with the concern expressed by the Science Council of Canada for *a more authentic view of science* (Science Council, 1984). The discussion is as relevant to mathematics as it is to science.

> The Science Council is concerned with the image of science conveyed by the science textbooks. Research has shown that "textbook science" tends to be overly standardized and simplified in order to present a smooth road to scientific knowledge. But if science itself is a search for explanation, then surely science education must give students an authentic explanation of the way science works. The Council acknowledges, in general, the accuracy of the scientific knowledge contained in textbooks and has received few complaints about that. The problem lies with the inadequate representation of the scientific enterprise and the consequences of this for students.
>
> A better portrait of science, we believe, should include the following aspects: the history of science and technology, an account of their relationship, and a reflection on the nature of scientific knowledge (p. 37).

The above is a concern for content, rather than format or method (which are dealt with in other parts of the report). It is often the contrived exercises, however, that are "overly standardized and simplified", since it is difficult to set such problems in a meaningful context. Meaningful problem sets can provide a few glimpses of the history of science and technology (and their relationship), but such content will have to be taught directly if a better, fuller portrait of science is to be presented.

The Science Council was also concerned about context, as in, "The Science Council believes that the science that is taught to young Canadians should be set in a Canadian context and that this context should include both historical and social aspects" (p. 40). This carries the idea of context one small step farther, since the suggestion is that the context be *explicitly* Canadian. It would be difficult to present meaningful problems without any "social aspect", but quite possible to omit the "historical aspects". If problems are to be relevant to the social realities of 12 and 13 year-olds, however, the settings of most problems have to be contemporary. Two sample problem sets are shown in the next section, focussing on percentages, geometry, estimation, language and social studies.

Each problem set treats one or more guideline topic (acids and bases, percent) but necessarily brings in a variety of skills and concepts. Problem sets create a forum for developing *criterial knowledge*, an understanding of what constitutes an interesting, meaningful problem (Bereiter, 1986). The following are criteria problem sets must meet:

1. The context (setting) of the problems must be interesting, realistic and recognizable to students.

2. The mathematics or science content is generally useful and is central to the solution of the problems.

3. Some satisfying solutions are accessible reasonably quickly for the majority of the students, but there are extensions that challenge the more able students.

4. Other versions of the problems can be easily generated for practice and evaluation without boring repetition.

To make the discussion concrete, two problem sets will be presented. These were designed with mathematics content for Grade 7 or Grade 8, depending on the curriculum guide and on the previous experience of the students. As in language teaching, meaningful settings take time and space to set out, so the examples take up several pages. There are two versions of any set, (a) the descriptive version presented to the students, and (b) the teacher's guide, containing a brief narrative description of the problem set, the skills and concepts the set involves, prerequisite skills, suggested timing, specific presentation tactics, solutions to all the major parts of the set, and suggestions for evaluation. The brief narrative version will be presented first, then the students' version followed by discussion which will include much of what is included in the teacher's guide.

Making Sense From Opinion Polls

Purpose. To learn how language and numbers can interact to produce various meanings when people are asked what they think or what they will do.

Main foci. The vocabulary and question technique of opinion polling and the correct use of percentages to extract meaning from the raw results of polls.

Activities. Making sense of raw results obtained by others (choice, calculation, comparison and meaning of percentages), framing questions and statements and doing own survey(s), making sense of results of own survey(s), communicating the sense to others by words, graphs, charts and whatever.

Narrative description. Hardly a day passes without reports of some new survey of public opinion--"Who would make the best Prime Minister?", "If an election were held tomorrow, which party would you support?", "Should the legal age for drinking be raised?". One or two thousand people across Canada or across a province are carefully

chosen and asked their opinions--a "poll" is taken, hence the term "opinion poll", and reference to "polling" and "pollsters". When the government of the day does something, they are sometimes accused of "government by poll", and the results of private polls are "leaked" to the press. The way the questions or statements are phrased is crucial to the outcome, and the language used to report the results can suggest various meanings, depending on style and word choice. Careful attention to language *and* numbers is required to make sense of opinion polls.

Newspapers and magazines never give the raw results of polls (the numbers of people choosing the various alternatives), because no one can make sense of them. The numbers, the "frequencies", are converted to percentages because they *can* make sense; but except in the simplest cases, *students have to choose particular percentages* to make certain findings visible. Surprising challenges, and surprising results, are often encountered when the we try to find out whether women answer differently from men, older people differently from younger and the like. The first problem in this set is an example of such a challenge--whether students in Grades 7, 8, 9 and 10 planned to continue through Grade 13 or stop sooner[5].

In addition to the constant attention to language, students apply ratio, proportion and percent with plenty of practice in estimating and using a calculator. Extensions to probability and statistics are available to challenge the best students right through high school and beyond, but there are many interesting results to be found by elementary means in the middle school.

Making Sense from Opinion Polls

Students' Version

Businesses such as *Canadian Facts* and *The Gallup Poll* make their money by predicting the future. They ask approximately a thousand people a few questions, and from their answers they predict how the rest of Canadians will vote and what they will by. Choosing which people to ask and getting their replies is called *polling*, and the results are called *polls*, or *surveys*. How do they make the predictions? They use science, imagination and lots of simple calculations, but the real secret is in asking the right question and making sense of the replies.

---

[5]The survey was conducted in 1983, when Ontario still had Grade 13.

A new poll is reported on television and in the newspapers nearly every day. Some are done just to find out what people are thinking--about free trade, nuclear power or abortion, for example. A few years ago (when there was still Grade 13), the Ontario Institute for Studies in Education (OISE) took a poll of students across Ontario in Grades 7, 8, 9 and 10. Students were asked (among other things) about their plans for future schooling. The Ministry of Education wanted to know whether plans changed very much over those years. Only a few thousand were included in the poll, but they were carefully chosen to be as much like the whole Ontario Grade 7 to 10 group as possible.

Rather than ask a question, students were asked to choose one of three alternatives. The replies obtained in 1983 are summarized in Table 1. The alternatives were stated this way:

In the next few years, I plan to

a. complete Grade 13.
b. complete Grade 12, but not Grade 13.
c. leave school before completing Grade 12.

Problem One: Think of another way to ask students about these same plans. Change it to a question, and also think of a different way to phrase the question now that Grade 13 has been discontinued. Write out two different ways to get the information.

Problem Two: Refer to Table 1. We don't try to make sense of the counts, because the raw numbers are too awkward. It is good to look them over, however, and think over some questions before moving on. What do you make of the number of replies from each grade, for example? Is it reasonable for the total number of replies from Grade 9 to be smaller than from the other grades? What do you think when we tell you that the survey questionnaire was given to almost exactly the same number of Grade 9 and Grade 10 students? Why is it awkward to compare the counts from one grade with those of another? To get a feeling for the process, ask students in your own class about their plans (do it by "secret ballot"). Perhaps other classes would join the survey. Prepare your own tabulation.

Problem Three: As you say, along the right-hand edge of Table 1 are the total number of students who replied to the survey, in each grade. To become familiar with the numbers *and what they stand for*, check the totals by adding the numbers in each row. Then add the numbers in each column to see how many students planned to complete Grade 13, Grade 12 or leave before completing Grade 12. Find the number 264 in the table. Write out a sentence explaining what the number means. The total number of

replies from all grades was 3506. Add the column totals to verify this number (all these totals will be needed for the next problems). How else could you check the grand total?

Problem Four: One good way to make sense of polls such as this is to convert the counts to percentages. Take an easy example first--express the column totals at the bottom as a percentage of the grand total. This allows us to write something such as, "Sixty-three percent of students is Grades 7 to 10 said they plan to complete Grade 13. Only three percent planned to leave school before completing Grade 12". We can compare percentages so long as they are proportions of the same number (the grand total, in this example). Express the *grade* totals as a percentage of the grand total and write out a description how the total number of students who responded to the question were divided among the four grades. To find out whether plans change from grade to grade, we have to compare percentages who choose each answer *within each grade*. That is the next problem.

Problem Five: Since we want to compare grades, we work separately within each grade. Start with row one (Grade 7), and express each count in the row as a percentage of the row total (934). Do this for each of the four rows. (How can you quickly check your calculations?) Now study the percentages and see what meaning you can make of them. There is a startling result, which you may have suspected from the counts but which strikes the eyes when you look at the table of percentages. In each group, write out a paragraph describing what you see.

Table 0-1

Numbers of Ontario Students in Grades 7, 8, 9 and 10

Who Chose Each Option in a Survey of Their Plans for Finishing High School

Grade	Complete Grade 13	Complete Grade 12 but not Grade 13	Leave School before completing Grade 12	Total
7	729	186	19	934
8	651	264	28	943
9	178	501	36	715
10	667	229	18	914

Teacher's Guide

Making Sense of Opinion Polls

By working on their own versions, students should first discover that making sense of opinion polls begins with the phrasing of the questions or statements used in the poll. Once the wording is decided and responses collected, the task is to decide what percentages to calculate and then to work out wording that will communicate the meaning of their percentages. If some students have difficulty with percentages, the others in their group should help them and be sure they understand.

There is useful practice with calculators, especially in how to use one or more memory locations to make the calculations more efficient, but students must understand that calculations are the means, not the end. The products of interest are the ways of asking for the information and the explanations of the results.

Results of a 1981 survry of Ontario students in Grades 7 to 10 are presented as the *number* of students giving various replies to a question asking whether they planned to finish high school. When particular percentages are calculated, as in Table 2, a surprising result is obvious among the Grade 9's.

Discussion of random sampling is probably unavoidable, at least at the intuitive level--the idea of using some chance process to arrive at a *representative* sample. It is suggested that students carry out their own survey in order to give them a better understanding of how such numbers are obtained, and this should lead to questions about the comparability of samples. If no one else raises it, you should do it during the reflection days. It is a golden opportunity to discuss the greater uncertainties associated with small samples, especially non-random ones.

Analysis and discussion of a current or recent poll (from newspapers, magazines,...) extends the set and provides reverse practice (if 1500 people were surveyed and 28 percent agreed, how many people is that?). Published surveys also provide an explicit estimate of sampling error, such as, "The results will be accurate within four points, 19 times out of 20". Canadian law now requires that such error estimates be part of every published account. This opens the way to discussion of probability if it suits class and teacher, but stick with percentages, comparison of percentages and the meaning of percentages until everyone is comfortable with them.

Table 0-2
Frequencies from Table 0-1
Converted to Percentages

Grade	Complete Grade 13	Complete Grade 12 but not Grade 13	Leave School before completing Grade 12	Total
7	78	21	1	100
8	69	28	3	100
9	25	70	5	100
10	73	25	2	100
Total	63	34	3	100

As mentioned, the results are presented in terms of number of students replying, in other words, in terms of the raw frequencies (Table 1). It is not possible to make good sense of such a table. The idea of the *proportion* of students giving the various replies is the key, leaving the question of which proportion will be most useful. That line of reasoning leads easily to percentage, as a more convenient number (and to discussion of rounding and rounding error).

We have already cut the story short by pointing out the interesting feature of this table--the remarkable reversal of percentages in columns one and two in the Grade 9 row, and the return to the overall pattern in Grade 10. Whereas roughly three-quarters of the students in other grades said they would finish Grade 13, only one quarter said that at the end of Grade 9. Students should figure this out for themselves, of course, and the problems ask for paragraph of explanation.[6]

Students in Grades 7 to 10 should have several plausible explanations for the result. It suggests that Grade 9 is a turbulent year for many young people, but that things get better for those who stay in school. They should also try the other obvious way of calculating the percentages, by columns, and perhaps the third way (as a percentage of

[6] The survey and a discussion of it are reported in McLean, Les (1982) *Willing but not Enthusiastic*. Available from the Ontario Government and OISE bookstores.

the grand total). Neither of these other ways gives a statisfactory (meaningful) result, and this is an important point. If the question is, "Does the grade a student is in tell us what sort of plans they have for the future?", then the percentages must be calculated by grade for each category of plans, that is, the percentages must sum to 100 for each grade (each row). Demonstrating this by trying other ways will give some purposeful practice.

Explaining why one way makes more sense than the others gets right to the heart of the meaning we can make of percentages. Here is the outline.

> Stating the question in reverse order is not realistic (plans predicting grade), since students can make their own plans but have little control over what grade they are in. The *direction* of prediction dictates which percentages should be calculated. To predict *plans* from *grade*, we have to compare Grade 7 plans with Grade 8 plans, but the different numbers of student replies in those grades make the frequencies non-comparable. Expressing each number in a row as a percentage of row (grade) total gives us the right numbers to compare. Some people call this *standardizing by grade*, since we express the numbers for each grade in a *standard* form. If we predict by grade, we have to standardize by grade.

Teachers who have had an opportunity to study probability can introduce it inductively in the context of such tables. Probability is an option rarely included in Grade 8 curriculums, but the calculations are elementary and the concepts intuitive (*if kept within a restricted, meaningful context*. Considering the group of 3506 as a whole and considering only grade, the likelihood (odds, probability) of picking at random and getting a Grade 7 student is 934/3506, or 0.27, or 27 times in 100. The probability of picking a Grade 9 student, however, is only 0.20. The probability that a student will have said she or he planned to finish Grade 13 is 2225/3506, or 0.63, while the probability for finishing Grade 12 but not 13 is only 0.34. Motivate these seemingly useless observations by promising that they will give new insights into prediction. (If students notice that these things you call probabilities sum to one for plans and separately for grade, then so much the better. Do not point it out too quickly.)

Ask the students as homework to try to think of ways these probabilities can be used in prediction. Say that it might help to consider what it means for a student to be in one of the cells of the table--in the top left-and corner, for example. They may come up with nothing, but remember that learning problem formulation and clarification is an important goal of schooling. Someone may surprise you. By whatever route, get to the point that *solving hard problems is often a matter of solving a simpler version first*. For example, suppose you *cannot* predict plans from grade and see if you can do something with that. If plans do not depend on grade and the two can be treated independently, that is a simpler case. Now tell them that in this special case, they can

calculate the probability of two outcomes at once (for example, picking a Grade 7 student who also plans to finish Grade 13) by multiplying the separate probabilities, something they can show in general later in their career if need be.

A very small amount of calculation will show that Table 1 is not likely such a special case. Take that odd cell in the Grade 9 row, for example, the number planning to complete Grade 13 (178 students). If plans are *not* linked to grade, the probability of these two together would be the product of their probabilities, (0.63) (0.20) = 0.13. In other words, if this is a simpler case, then we should find 13 percent of the students in that cell. But we find only 5 percent! There are discrepancies in just about every cell, suggesting that plans are linked with grade--they are not independent. Working with the probabilities gives us a systematic, objective way to show that the results of the survey cannot be explained so simply. Keen students can be put on to Chi-Square statistics and hypothesis testing, which will keep them out of trouble for a long time.

REFERENCES

Bereiter, C. (1986). The reading comprehension lesson: a commentary on Heap's ethnomethodological analysis. *Curriculum Inquiry, 16(1)*, 65-72.

Broadfoot, P., James, M., McMeeking, S., Nuttall, D., Stierer, B. (1988). *Records of Achievement: Report of the National Evaluation of Pilot Schemes.* London: Her Majesty's Stationery Office.

Brown, J.-S., Collins, A., Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher, 18(1)*, 32-42.

Canale, M., Swain, M. (1980). Theoretical bases of communicative approaches to second language teaching and testing. *Applied Linguistics, 1(1)*, 1-47.

Connelly, F.-M., Crocker, R.-K., Kass, H. (Eds) (1985). *Science education in Canada. Vol. I: Policies, practices, & perceptions.* Toronto: OISE.

Crawford, D.-H. (1970). School mathematics in Ontario 1894-1959. Expansion and moderate reform. *In A history of mathematics education in the United States and Canada.* National Council of Teachers of Mathematics 32nd Yearbook, 385-411.

Creative Research Group (1987). *Literacy in Canada: A research report* (Tech. Rep.). 188 Eglington Avenue East, Toronto M4P 2X7: The Creative Research Group, Ltd Final report on the Southam Leteracy Study--prepared for Southam News.

Deutsch, M. (1985). *Distributive Justice: A Social-Psychological Perspective.* New Haven: Yale University Press.

Duschl, R.-A. (1985). Science education and philosophy of science--twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics, 85(7)*, 541-555.

Gorman, T. (1986). *The framework for the assessment of language.* Windsor, Berkshire: NFER-NELSON.

Haller, E.-P. Child, D.-A., Walberg, H. (1988). Can comprehension be taught? A quantitative synthesis of "metacognitive" studies. *Educational Researcher, 17(9)*, 5-8.

Hargreaves, A., Baglin, E., Henderson, P., Leeson, P., Tossell, T. (1988). *Personal and Social Education: choices and challenges.* Oxford: Blackwell.

Hymes, D. (Ed.) (1964). *Language in Culture and Society: A reader in linguistics and anthropology.* New York: Harper & Row.

Joffe, L., Foxman, D. (1989). *Communicating Mathematical Ideas: A practical interactive approach at ages 11 and 15.* London: Her Majesty's Stationery Office.

Johnson, D.-W., Johnson R.-T., Maruyama, G. (1983). Interdependence and interpersonal attraction among heterogeneous and honogeneous individuals: a theoretical formulation and a meta-analysis of the research. *Review of Educational Research, 53*, 5-54.

McKnight, C.-C., Crosswhite, F.-J., Dossey, J.-A., Kifer, E., Swafford, J.-O., Travers, K.-J., Cooney, T.-J. (1987). *The underachieving curriculum: Assessing U.S. school mathematics from an international perspective.* Champaign, IL: Stipes Publishing Company.

McLean, L. (1982). *Report of the 1981 Field Trials in English and Mathematics--Intermediate Division.* Toronto, Ontario: The Minister of Education, Ontario.

McLean, L. (1985). *The Craft of Student Evaluation in Canada.* Toronto, Ontario: Canadian Education Association.

McLean, L.-D., Goldstein, H. (1988). The U.S. national assessments in reading: Reading too much into the findings. *Phi Delta Kappan, 69(5)*, January, 369-372.

McLean, L., Wolf, R., Wahlstrom, M. (1987). *Learning about teaching from comparative studies: Ontario mathematics in international perspective.* Toronto: Queen's Printer for Ontario.

Mitman, A.-L., Mergendoller, J.-R., Marchman, V., Packer, M.-J. (1987). Instruction addressing the components of scientific literacy and its relation to student outcomes. *American Educational Research Journal, 24(4)*, 611-613.

Porter, A. (1989). A curriculum out of balance: the case of elementary school mathematics. *Educational Researcher, 18(5)*, 9-15.

Rosenblatt, I.-M. (1938). *Literature as Exploration.* New York: D. Appleton-Century.

Schoenfeld, A.-H. (1983). The wild, wild, wild, wild, wild world of problem solving (A review of sorts). *For the learning of mathematics, 3(3)*, March, 40-47.

Schoenfeld, A.-H. (1985). Metacognitive and epistemological issues in mathematical understanding. *In* Silver, E. (Ed.), *Teaching and learning mathematical problem solving: Multiple research perspectives.* Hilsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 361-379.

Science Council of Canada (1984). *Report 36. Science for every student: Educating Canadians for tomorrow's world.* Ottawa: Minister of Supply and Services, Canada.

Sirotnik, K.-A. (1983). What you see is what you get--consistency, persistency, and mediocrity in classrooms. *Harvard Educational Review, 53(1)*, 16-31.

Slavin, R. (1983). *Cooperative learning.* New York: Longman.

Stiggins, R.-J., Bridgeford, N.-J. (1985). The ecology of classroom assessment. *Journal of Educational Measurement, 22(4)*, 271-286.

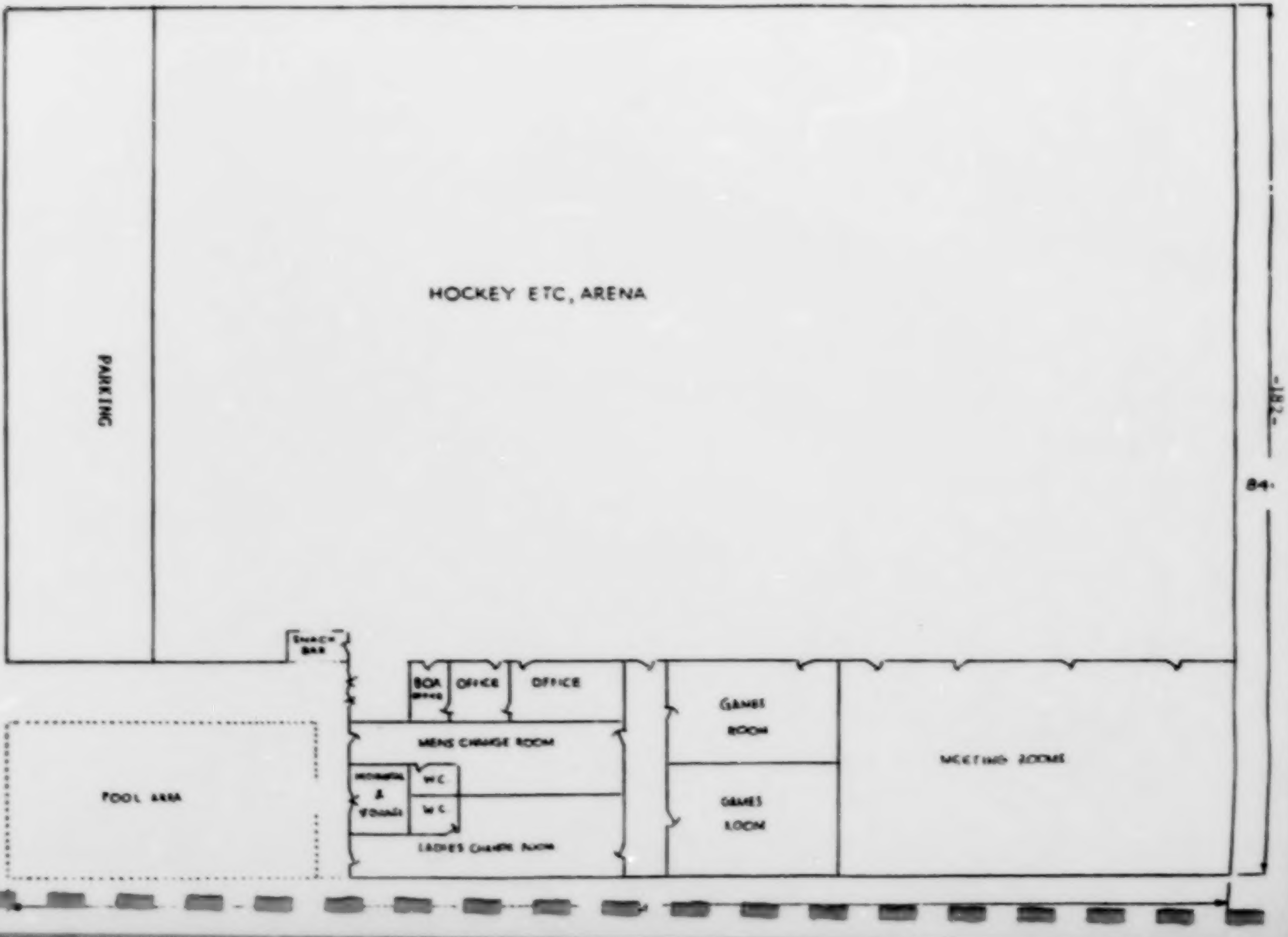
Swartz, R. (1985). Dewey and Popper on learning from induction. *Interchange, 16(4)*, 29-51

Thornton, G. (1986). APU language testing 1979-1983: *An independent appraisal of the findings.* London: Department of Education and Science.

Weaver, C. (1985). Parallels between new paradigms in science and in reading and literary theories: An essay review. *Research in the Teaching of English, 19(3)*, October, 298-316.

Wettersten, J. (1987). On the unification of psychology, methodology, and pedagogy: Selz, Popper, and Agassi. *Interchange, 4(4)*, 1-14.

COMMUNITY CENTRE



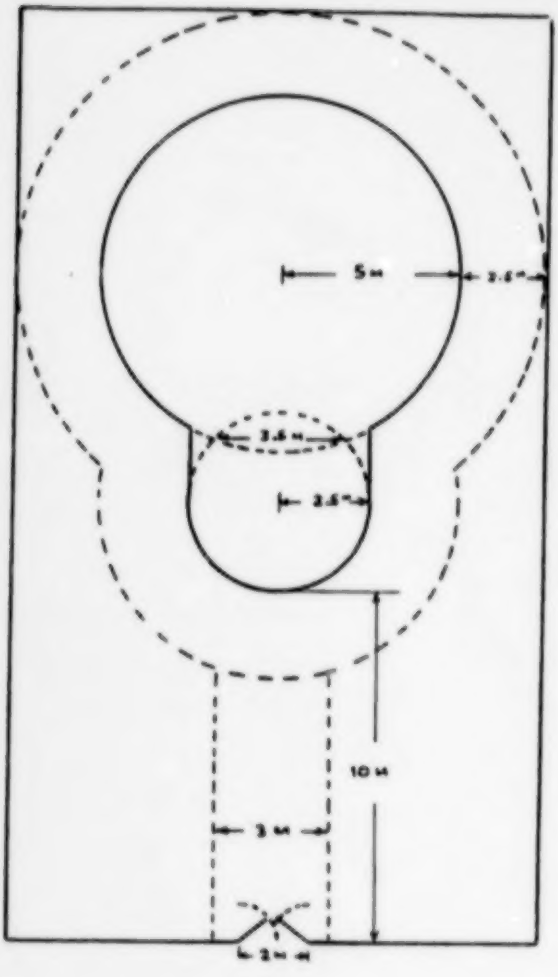


FIGURE 1 "KEYHOLE" SWIMMING POOL

Développement conceptuel et dérangement épistémologique dans l'enseignement des sciences: théorie et pratique

par Marie Larochelle et Jacques Désautels
Département de didactique
Faculté des sciences de l'éducation
Université Laval
et
Chercheur(e)s associés au CIRADE

Séminaire sur la Représentation
27 avril 1990 - no 47

CIRADE, UQAM, juin 1990

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR.

C'est un secret de polichinelle: l'apprentissage des contenus à caractère scientifique pose problème à tous les niveaux de scolarisation, depuis le primaire jusqu'à l'université et, selon certains travaux (Viennot, 1989), cela se poursuivrait même au-delà des études universitaires.

Ce problème a été abondamment illustré et commenté dans les travaux portant sur la mise au jour des conceptions dites spontanées[1] qu'élaborent les élèves à l'égard des phénomènes naturels et qu'ils maintiendront tout au long de leur itinéraire scolaire, malgré les représentations formelles qui leur sont enseignées. La recherche récente de Ruel (19[illegible]) est particulièrement éloquente sur le sujet. En effet l'auteure s'est intéressée, lors d'entrevues individuelles, aux explications que proposent des élèves du secondaire lorsqu'on laisse choir simultanément deux corps de masses différentes (l'une de 20 grammes, l'autre de 200 grammes). Seize élèves, tous considérés par leurs enseignant(e)s comme d'excellents sujets, puisqu'ils obtenaient de francs succès aux examens, ont ainsi été interrogés. Dans un premier temps, la chercheure présentait la situation concrète à l'élève puis l'invitait à prévoir le déroulement des événements et à l'expliciter. Sauf les trois élèves qui ont fait une prévision juste (un seul pouvant en fournir une explication appropriée), tous les élèves ont fait des prévisions erronées et fondées sur une compréhension fort différente de la version établie et enseignée. En fait, de manière générale, les élèves envisageraient le problème en faisant référence au rapport force-vitesse plutôt qu'à celui de force-accélération qui caractérise l'explication newtonnienne. Par ailleurs, on note également chez certains sujets l'usage indifférencié des concepts de gravité et d'accélération gravitationnelle, en plus de l'attribution aux corps en cause d'une propriété intrinsèque, soit celle de poids:

> Lui va tomber avant (le plus lourd)... Cette formule-là, je l'ai, F=mg. La gravité est de 9.8 pour les deux. Les deux sont attirés par la terre de 9.8. Les deux sont pareils, comme vous et moi, (ils) sont attirés de 9.8. La différence, c'est le poids... Certainement qu'il va tomber plus vite. (...) Le 200g va arriver avant le 20g. (p. 75)

Par la suite, invités à laisser choir les objets, les élèves en commentent les résultats d'une façon qui témoigne d'un embarras conceptuel: certains d'entre eux nient la valeur de leurs explications initiales, d'autres invoquent l'imprécision expérimentale mais, en tout état de cause, très peu d'entre eux peuvent fournir une explication appropriée de l'arrivée simultanée des corps au sol. Faut-il voir là le seul effet d'une pédagogie qui, en étant axée essentiellement sur la résolution «des exercices en fin de chapitre», ne permet pas aux élèves de reconnaître dans la situation proposée un problème pouvant être abordé à l'aide des concepts qui jalonnent leur apprentissage des sciences? Revenons aux propos de l'élève cités plus haut. On remarque l'emploi de termes ou de formules (F=mg) qui illustrent le fait que l'élève a bel et bien été mis en

contact avec des éléments de contenu scientifique. Toutefois, sa conclusion, à l'effet que le corps le plus lourd arrive le premier, porte à croire que ces éléments ont pris relief et sens non pas en vertu de la problématique scientifique établie, mais plutôt en rapport avec celle qui fonde le savoir commun: en effet, dans les réalités quotidiennes, qui échappent aux conditions idéalisées du savoir scientifique, un morceau de plomb arrive effectivement plus vite au sol qu'une plume de goéland. Qu'est-ce à dire? S'agit-il d'un simple problème d'apprentissage? Ne peut-on pas penser que les élèves, dans leurs processus d'appropriation d'un «domaine fini de sens» (Berger & Luckmann, 1986) comme le domaine du savoir scientifique, en appréhendent les phénomènes, concepts et mécanismes selon leurs habitudes d'interprétation du domaine des phénomènes, concepts et mécanismes du savoir commun, sans égard pour la nature et les finalités particulières des engagements épistémologiques qui sous-tendent ces domaines? En bref, n'y a-t-il pas également en jeu un problème de discrimination des contextes ou encore ce que l'on pourrait désigner, à la suite de Carey (1985), un problème «d'indifférenciation ontologique»?

Les travaux que nous avons effectués en relation avec l'épistémologie spontanée des adolescent(e)s (1990, 1989, 1987) de même que ceux auxquels nous faisons référence dans ce document sont instructifs sur le sujet et mettent en évidence l'intérêt de s'y attarder de façon plus systématique, de même que l'éventuelle fécondité de cette voie d'approche pour le renouvellement des pratiques d'éducation à la science. La recherche qui suit est une contribution à l'élaboration de cette problématique dans le domaine de même que la mise à l'épreuve, lors d'une étude concrète, de certaines composantes pédagogiques qui en découlent*.

*

* *

Au regard du problème évoqué plus haut, nos préoccupations de recherche portent à la fois sur le procès de production du savoir scientifique (volet épistémologique) et sur celui de sa re-production par l'étudiant(e) (volet didactique)[2]. En effet, alors que l'épistémologie contemporaine nous enseigne le caractère inévitablement construit et social du savoir scientifique, les travaux en didactique des sciences révèlent la pérennité, tant chez les enseignant(e)s que chez les enseigné(e)s, d'une idée de science et des concepts qu'elle recouvre, qui est toute entière sous l'emprise de l'évidence: la science ne serait pas détachée de la sensation, ses objets d'études seraient idoines à ceux du réel usuel ou encore trouvés tout faits dans une nature habitée par un ordre immanent, et ce, grâce à des activités qui s'apparenteraient à un rituel. Quant aux concepts scientifiques, ils auraient le même caractère substantialiste, reflétant la propriété intrinsèque d'un matériau (la laine est chaude, le métal est froid) ou témoignant de l'existence concrète d'une «chose».

---

* Cette rechrche a été rendue possible grâce à une subvention du Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.

Les interprétations pour expliquer cet état de faits sont certes nombreuses. Quant à nous, celle dite épistémologique nous semble prometteuse pour aménager un contexte pédagogique susceptible de favoriser chez les étudiant(e)s le développement d'attitudes réflexives[3] à l'égard de leurs productions de connaissance et de la production des connaissances scientifiques. Mais s'agit-il là d'un projet pertinent et faisable? Quels seront, le cas échéant, les effets d'une stratégie pédagogique conçue à cette fin, sur les représentations initiales qu'ont les étudiant(e)s de ces productions et, éventuellement, sur les significations qu'ils attribuent aux produits de ces productions, tels les concepts scientifiques d'atome et de matière[4]?

L'élucidation de notre intérêt épistémologique fait l'objet du cadre théorique de la présente recherche. Nous en rappellerons quelques éléments afin d'illustrer comment la réflexion épistémologique constitue un cadre d'interprétation privilégié de certains problèmes didactiques et permet de concevoir les conceptions dites spontanées en tant que structures conceptuelles viables (Glasersfeld, 1986), plutôt qu'en des termes normatifs où elles sont jugées fausses. Nous proposerons également un modèle provisoire de développement conceptuel qui participe essentiellement des concepts centraux de jeu de la connaissance, de cadre épistémique et de dérangement épistémologique, et qui nous a guidés dans la conception et la mise à l'épreuve d'une stratégie pédagogique en contexte scolaire. Lors de l'expérimentation de celle-ci, nous avons pu recueillir divers types de données dont l'analyse nous permet de jauger le bien-fondé des idées pédagogiques que nous proposons et, du même coup, d'apporter des éléments de réponse aux questions énoncées plus haut.

LES ORIENTATIONS THÉORIQUES

Dans un ouvrage récent (1989), nous avons traité des diverses raisons pour lesquelles il nous paraît important de faciliter chez les étudiant(e)s le développement d'une réflexion épistémologique sur la nature du savoir scientifique et de sa production. Mais comment actualiser ces préoccupations dans un quotidien pédagogique?

Cette première interrogation est à la source de ce travail qui porte essentiellement sur la mise au point d'une stratégie pédagogique susceptible de favoriser chez les étudiant(e)s la prise de conscience de la nature du savoir scientifique et de ses conditions de production. S'agit-il d'une stratégie pertinente, faisable? Permet-elle le développement conceptuel et réflexif escompté? Examinons brièvement quelques-uns des enseignements que l'on peut tirer des recherches sur le sujet et qui s'inscrivent dans la problématique du changement conceptuel.

Structure conceptuelle, structure cognitive et cadre épistémique

Dans le domaine de la didactique des sciences, il est de plus en plus reconnu qu'on ne peut se permettre de faire l'économie du savoir antérieur des apprenant(e)s à l'égard des concepts qui font l'objet d'un enseignement formel (Astolfi & Develay, 1989; Erickson & Driver, 1983). De plus, l'idée selon laquelle il faudrait également considérer les représentations qu'ils entretiennent à l'égard de leurs propres compétences de «sujet connaissant», rallie un nombre croissant de chercheur(e)s, comme en témoigne notamment un colloque récent sur l'état du savoir dans le champ de l'éducation à la science (Linn, 1987). Ainsi, d'une vision de l'apprentissage des sciences axée sur un processus cumulatif d'acquisition des connaissances, on est passé à une vision qui, selon d'aucuns (West & Pines (eds), 1985), s'articule autour du concept de changement conceptuel chez les apprenant(e)s. C'est dans cette perspective théorique que s'inscrit notre recherche bien que, comme nous le verrons, nous ayons quelques réserves au regard des modèles de changement conceptuel qui ont été proposés à ce jour.

Parmi ces modèles, celui proposé par Strike et Posner (1985) est l'un des plus intéressants quant aux exigences théoriques de la perspective constructiviste de l'apprentissage des sciences. Le sujet connaissant y est conçu de manière dynamique, c'est-à-dire en tant que sujet qui élabore ses connaissances dans un processus de rééquilibration à la suite d'un conflit cognitif dont la source est endogène. De plus, l'une des conditions nécessaires pour qu'il y ait changement conceptuel serait liée, selon les auteurs, à l'insatisfaction qu'éprouve le sujet à l'égard d'une ou plusieurs de ses conceptions, ce qui, d'une certaine façon, rejoint l'aspect pragmatique du concept de viabilité qui caractérise le constructivisme contemporain. Les sources de cette insatisfaction peuvent certes être nombreuses, mais les auteurs soulignent le rôle important de l'anomalie qu'ils définissent comme suit:

> Each time a person unsuccessfully attempts to assimilate an experience or a new conception into his or her existing network of conceptions, that person experiences an anomaly. An anomaly exists when one is unable to assimilate something that is presumed assimilable - one simply cannot make sense of something..., one may come to the conclusion that one's existing conceptions require some fundamental revisions (i.e. an accomodation) in order to eliminate the conflict. (p. 218)

En somme, c'est donc l'activité même du sujet qui est à la source du conflit, de la perturbation de la structure conceptuelle. Toutefois, la conception que proposent les auteurs des processus d'assimilation et d'accommodation de même que la considération qu'ils accordent au statut épistémologique de l'apprenant(e) et de ses connaissances nous posent quelques problèmes. Examinons ces aspects.

Bien que notre problématique s'inscrive d'emblée dans le modèle interactionniste et constructiviste de Piaget, nous y ajoutons l'aspect suivant, soit la distinction entre, d'une part, la structure cognitive (c'est-à-dire l'ensemble des opérations intellectuelles que peut mettre en œuvre une personne à un moment donné de son développement cognitif) et, d'autre part, la structure conceptuelle (c'est-à-dire l'organisation des concepts, des postulats épistémologiques et métaphysiques à l'aide desquels une personne interprète ses expériences et leur donne une signification). Cette distinction est évidemment heuristique et nous ne supposons pas qu'il soit possible d'isoler de manière étanche ces deux dimensions de l'appareil cognitif; toutefois, d'un point de vue théorique, elle est utile et nous permet de souligner l'importance des connaissances préalables d'une personne dans ses démarches de connaissance. Par ailleurs, cette structure conceptuelle doit être envisagée comme un système complexe[5] dans le sens donné par Atlan (1986) à ce concept. C'est dire alors qu'un système complexe est toujours dans un état de quasi-équilibre et possède, selon Atlan, la capacité de: «... réagir à des perturbations non prévues par des changements qui ne seront pas une simple destruction de l'organisation préexistante, mais une réorganisation permettant à des propriétés nouvelles d'apparaître. Ces propriétés peuvent prendre la forme d'une nouvelle structure ou d'un comportement» (p. 69). Cette précision est importante, car elle signifie ni plus ni moins que le changement conceptuel ne peut être conçu comme l'intégration d'un nouvel élément (concept ou idée) extérieur à la structure conceptuelle, ni comme la simple substitution ou le remplacement d'une conception par une autre, à la suite d'une compétition entre celles-ci (la métaphore darwinienne), comme semblent le penser Strike et Posner (1985). En fait, il s'agirait plutôt d'une reconstruction qui entraine des réorganisations plus ou moins importantes de la structure conceptuelle dans le sens d'une complexité accrue. Celle-ci peut s'exprimer par une extension des possibilités de compréhension, dont celle qui consiste à réintégrer une conception initiale au titre de cas particulier. Elle peut aussi prendre la forme d'un accroissement de la sensibilité de la structure conceptuelle aux perturbations éventuelles, c'est-à-dire qu'une structure qui se révèle perturbable, comporte inévitablement dans sa réorganisation une ouverture à d'autres perturbations possibles. Par exemple, l'appropriation conceptuelle, par une personne, de la théorie de la gravitation universelle peut, non seulement, élargir sa capacité de compréhension de divers phénomènes, mais lui permettre aussi de comprendre pourquoi, antérieurement, elle concevait que les satellites artificiels étaient mus par des moteurs. D'autre part, en partageant le point de vue selon lequel l'interaction à distance entre des entités est plausible, la personne s'ouvre à la compréhension des théories qui font intervenir le concept de champ. Ainsi, une structure conceptuelle acquiert une sensibilité de plus en plus grande aux perturbations, au fur et à mesure qu'elle se complexifie. Mais il est bien

connu que les étudiant(e)s éprouvent des difficultés à s'approprier le savoir scientifique et que les stratégies pédagogiques axées sur l'idée de conflit cognitif ont connu un succès mitigé (Larochelle & Désautels, 1989). Pour nous, cela tient en grande partie au fait que l'on n'a pas vraiment pris en compte la dimension épistémologique en jeu dans ce que l'on a appelé le changement conceptuel, en particulier les relations entre l'organisation des concepts et le cadre épistémique[6] à l'intérieur duquel ceux-ci s'élaborent.

La fabrication des concepts par les étudiant(e)s dépend non seulement de l'état de leurs connaissances antérieures, mais également du cadre épistémique, généralement inconscient, qui guide leur activité de cognition. Ce cadre est constitué de postulats épistémologiques, de croyances métaphysiques, de règles méthodologiques, d'habitudes de pensée, d'un langage, etc., qu'ils mettent spontanément en œuvre pour construire des explications à propos des phénomènes dits naturels. Autrement dit, comme le souligne avec justesse Hills (1989), c'est à partir du savoir commun que les étudiant(e)s interprètent leurs expériences, et ce savoir, comme nous le verrons, a son propre domaine de légitimité, tout comme le savoir scientifique d'ailleurs. Auparavant, voyons quelques exemples qui illustrent la prégnance du cadre épistémique dans les explications des étudiant(e)s.

Lorsque les adolescent(e)s affirment que la laine est chaude et le métal froid pour expliquer le phénomène de la conduction thermique, il est implicitement postulé que la compréhension procède des sensations et qu'il suffit de toucher, de voir et d'entendre pour connaître. Dans cet ordre d'idées, on peut penser que cette conception est tributaire d'un cadre épistémique sensualiste-empiriste selon lequel la réalité ontologique est accessible, que cet accès est direct grâce à notre appareil sensoriel et, de plus, que l'explication réside dans la description. Par ailleurs, il n'est pas rare que l'on repère dans les discours des étudiant(e)s des raisonnements circulaires qui tiennent lieu d'explication tels ceux-ci: le ruban adhésif adhère (colle) à la table parce qu'il est collant, ou encore la chaleur monte parce qu'elle est plus légère que l'air. Ce genre de pseudo-proposition causale, qui n'est pas sans rappeler les définitions du dictionnaire, est largement employée dans la vie courante et comporte une efficacité certaine, au sens où ceux et celles qui l'utilisent ont vraiment l'impression de comprendre. Mais, au regard des normes épistémologiques en usage en science[7], elle n'est pas pertinente et sera vue comme un jeu de mots qui n'explique rien. Les discours des étudiant(e)s sont également fréquemment marqués par le recours à l'idée de substance pour expliquer divers types de phénomènes (lumière, électricité, gènes, etc.). Plusieurs étudiant(e)s assimilent ainsi la chaleur à une substance (fluide, vapeur) et la dotent de propriétés à l'aide desquelles ils expliqueront divers ordres de phénomènes de la vie quotidienne. On pourrait facilement ajouter à cette liste d'exemples en empruntant, entre autres, à

Resnick (1989), mais, dans tous les cas, ce qui ressort est l'idée que certaines convictions «ontologiques» fondamentales, comme précise Resnick (p. 102), «... sont à la base des explications physiques naïves et les régissent».

La reconnaissance de la participation du cadre épistémique à toute activité cognitive nous a conduits non seulement à élucider l'épistémologie spontanée des adolescent(e)s, mais également à mener et à superviser des études axées sur la mise au jour des postulats épistémologiques en œuvre dans la conceptualisation des phénomènes dits naturels qu'ont de jeunes adultes et des enseignant(e)s de physique et de chimie. On peut ainsi observer que ces derniers ont, en règle générale, des représentations du concept d'atome d'inspiration réaliste-empiriste, qui les amènent à accorder un statut ontologique au modèle de Rutherford (Métioui, 1987). Ces mêmes enseignant(e)s, qui utilisent parfois le vocabulaire de la mécanique quantique, font ainsi une interprétation newtonnienne de cette théorie, tout comme l'étudiant interrogé par Hewson (1982) interprétait la théorie de la relativité. Dans une même perspective, les travaux de Benyamna (1987) montrent que des étudiant(e)s, au seuil de leur entrée à la faculté de sciences et ayant suivi un minimum de dix cours de science depuis le début de leurs études secondaires, interprètent des phénomènes aussi divers que la propagation de la chaleur, de la lumière et du courant électrique, à l'aide d'un modèle particulaire fondé sur les métaphores des boules de billard et du fluide. En somme, ce que tendent à indiquer ces divers travaux, c'est qu'en l'absence d'une remise en question explicite de leurs postulats épistémologiques, les personnes réinterprètent les contenus formels du savoir scientifique selon leur cadre épistémique initial, et leur attribuent, de ce fait, une signification pour le moins différente de celle dont discutent scientifiques et philosophes.

En l'occurrence, malgré nos réserves à l'égard des propositions théoriques de Strike et Posner, notamment en ce qui a trait aux processus d'assimilation et d'accommodation et, en conséquence, à ce que peut signifier l'idée de changement conceptuel à laquelle nous préférons l'idée de complexification conceptuelle[8], il n'en demeure pas moins que nous les rejoignons sur plusieurs aspects de leur discours, en particulier lorsqu'ils allèguent que: «... many students may lack the scientific knowledge or the epistemological concepts to recognize as anomalies the things which professional scientists will see as problematic.» (1982, p. 238). Faut-il en conclure qu'il est nécessaire que les adolescent(e)s s'adonnent à une méta-réflexion afin de mettre à distance leurs cadres épistémiques d'interprétation? Nous pensons qu'il s'agit là d'une voie prometteuse, et les quelques paragraphes qui suivent explicitent les principaux concepts qui nous ont guidés dans la conception d'une stratégie pédagogique appropriée.

Jeu de la connaissance, profil épistémologique, dérangement épistémologique

Éduquer à la science dans une perspective constructiviste signifie pour nous faciliter l'accès à l'un des nombreux «jeux de la connaissance»[9] qui constituent le patrimoine culturel de l'humanité. On peut ainsi distinguer le jeu de la connaissance ordinaire ou commune, du jeu de la connaissance religieuse, ou encore de ceux de la connaissance magique, littéraire, philosophique, historique, scientifique, etc. Chacun de ces jeux, à une époque donnée[10], a un domaine de légitimité circonscrit par les postulats et les règles qui permettent d'y jouer. Par exemple, comme l'a illustré Merchant (1983), il a été nécessaire pour établir le jeu du savoir scientifique moderne de supposer qu'aucune intention n'était à l'œuvre dans l'univers et d'institutionnaliser le recours systématique à l'expérimentation et à la mathématisation comme règles du jeu.

Mais qui dit jeu sous-entend couramment manque de sérieux, futilité. On comprendra que ce n'est pas cette signification qui fonde notre usage de ce concept, puisqu'il s'agit d'un jeu très sérieux, qui comporte tout de même un caractère ludique, notamment par sa non-prétention explicite à la VÉRITÉ et à la divulgation de LA RÉALITÉ. À l'instar de tout jeu, il ne prend sa valeur qu'à l'intérieur d'un domaine de légitimité défini par les postulats qui le fonde et les règles à observer pour le jouer. Autrement dit, c'est n'admettre aucune hiérarchie de valeur dans l'ordre de la connaissance, aucune possibilité d'un méta-jeu qui serait le jeu des jeux. C'est plutôt, comme le dit si bien Morin (1986), refuser la régression à l'infini de la méta, méta... connaissance, au profit du jeu de la démocratie épistémologique, en instaurant une possibilité de dialogue entre les domaines de connaissance et, peut-être, d'interfécondation. Illustrons brièvement la pertinence de cette idée dans le contexte de l'enseignement des sciences.

Imaginons que nous vous invitions à jouer à un jeu qui vous est étranger, le tennis par exemple, sans vous préciser les règles de son déroulement ni ses finalités. Il est possible que vous ayez une certaine connaissance du jeu de badminton et que vous tentiez de faire avec. Il est possible aussi qu'aucun de ces jeux ne vous soit familier et que vous vous trouviez dans l'inconfortable position de jouer (surtout si on vous y oblige) en inférant coup par coup les règles de ce jeu. Vous pouvez aussi être amené à développer l'idée que le sens à donner à ce jeu vous échappera indéfiniment ou qu'il n'a tout simplement pas de sens, ou encore qu'il n'est accessible qu'à des intellects particuliers!

Dans ce contexte, il est plausible de penser que votre apprentissage du jeu en question ne se déroulera pas sans heurts ni grincements conceptuels, ni même sans ratés. C'est presque une banalité de souligner comment un observateur ou une observatrice avertis ne s'y laisseraient pas prendre et comprendraient que l'aspect critique du jeu ne tient pas à une déficience ni à une lacune cognitive qui vous appartiendraient, mais bien à l'absence d'informations sur les règles qui contribuent à définir le jeu. Comment pourrait-on vous reprocher de ne pas savoir ce qu'on ne vous a pas dit!

Analogiquement, l'apprentissage d'un nouveau jeu de connaissance n'est guère différent. Et il est peut-être encore plus critique lorsque les règles et le déroulement du jeu sont particulièrement contre-intuitifs, comme le jeu de la connaissance scientifique, même si on y emploie des termes apparemment similaires à ceux du jeu de la connaissance ordinaire, tels force, énergie, lumière. En outre, la confusion peut être accrue par les contingences du jeu. Pensons aux contextes de jeu où les interactions ne sont ni facultatives ni sporadiques, mais obligatoires et fréquentes, comme l'est le contexte scolaire. Saura-t-on spontanément distinguer l'autorité rationnelle (compétence) dont peut faire montre l'enseignant(e) de l'autorité traditionnelle qu'il ou elle exerce pour maintenir un certain climat de communication dans la classe? En fait, il s'agit d'un jeu très complexe et, comme le soupçonnent quelques chercheur(e)s en didactique des sciences (Geddis, 1988; Russel, 1983), sa non-transparence peut conduire les étudiant(e)s à confondre les types d'autorité et à penser, par exemple, que la validité d'un savoir dépend du seul pouvoir ou de la position sociale de celui ou celle qui le propose.

Les étudiant(e)s sont-ils informés de cela? Connaissent-ils les règles du jeu scientifique, les enjeux que représentent leurs définitions ainsi que les difficultés conceptuelles que tous ces aspects soulèvent, même pour les plus expérimenté(e)s en la matière? Sont-ils au fait de la socialité inévitable de ce jeu dans sa production comme dans ses produits? En deux mots, ont-ils l'occasion de jouer délibérément?

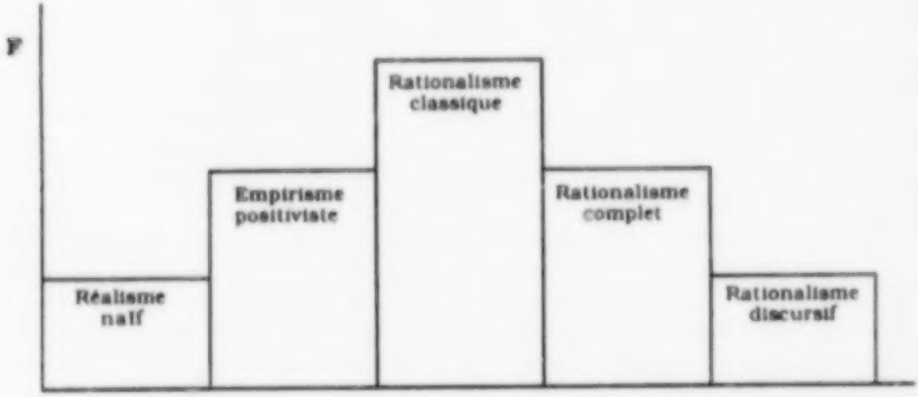
Certaines personnes répliqueront peut-être qu'on leur présente des règles telles la «méthode scientifique». Mais qu'est-ce que cette méthode? Se réduit-elle au schéma caricatural O-H-E-R-I-C (observation, hypothèse, etc.) qui caractérise bien plus le procédé de communication d'un travail effectué que le déploiement de celui-ci? Faut-il rappeler, pour mémoire, la déroute du projet positiviste qui prétendait à baliser le chemin conduisant à coup sûr de l'ignorance à la connaissance! Les étudiant(e)s connaissent-ils ces discussions qui ont marqué et marquent encore les échanges au sein

de la communauté scientifique? Que savent-ils de cette réflexion critique qui constitue l'une des dimensions du travail scientifique? Comment pourront-ils comprendre les produits de ce travail s'ils ignorent leur contexte de production? Comment peut-on s'attendre, par exemple, à ce qu'ils retiennent les lois scientifiques s'ils ignorent tout de la construction du sens de ces lois, comme le souligne si bien Stengers (1986):

> Pourquoi doit-on, par priorité, «apprendre les lois» dans le secondaire: c'est la première chose qui est oubliée; et c'est ce qui effectivement appelle un enseignement dogmatique, parce que qui dit loi dit simplification gigantesque, appareils extrêmement artificiels, réduction du problème à ce que l'appareil en peut traiter. C'est-à-dire quelque chose dont, si on l'explique vraiment, on se demandera de quoi il y a loi, en fait. (p. 144)

En bref, n'est-il pas illusoire d'espérer que les étudiant(e)s comprennent la spécificité du savoir scientifique si le jeu de la connaissance auquel on les convie est à la fois factice, désuet et cachottier.

Par ailleurs, comme nous l'avons indiqué, l'initiation aux jeux de la connaissance et, en particulier, à celui de la science, ne peut consister en l'élimination des connaissances préalables des étudiant(e)s ni à leur substitution par d'autres. Elle ne peut être pensée que dans les termes d'une facilitation de la complexification de leur structure conceptuelle. Un bel exemple d'une telle complexification nous est fourni par Bachelard (1973) lorsqu'il présente son profil épistémologique du concept de masse. Après avoir examiné de manière approximative les fréquences d'utilisation personnelle qu'il faisait des divers concepts de masse, il propose l'histogramme suivant:



Concepts de masse

La lecture de cet histogramme nous fait voir que l'auteur utilise parfois le concept de masse dans sa signification réaliste, c'est-à-dire comme une estimation quantitative grossière de la réalité, qu'il l'utilise aussi dans sa version empiriste, soit comme le résultat d'une opération de mesure effectuée à l'aide de la balance, qui témoignerait d'une propriété intrinsèque de l'objet. Toutefois, c'est le concept newtonnien de masse, qui n'a de sens qu'en relation avec les concepts de force et d'accélération, qui constituerait sa référence privilégiée, bien qu'à l'occasion il fasse usage du concept de masse relative et de masse négative. La possibilité d'établir ainsi son propre profil épistémologique suppose que l'on soit capable de réflexion épistémique, comme l'indique Kitchener (1983), c'est-à-dire que l'on soit conscient des postulats et des règles qui caractérisent les jeux de la connaissance. De plus, comme l'illustre le profil épistémologique de Bachelard, la complexification conceptuelle n'implique pas l'élimination des connaissances antérieures ou encore celles du sens commun[11], mais plutôt une réorganisation de la structure conceptuelle selon le contexte et les finalités en cause.

Au regard de nos préoccupations d'éducation à la science, cela nous ramène au problème que nous avons déjà indiqué, à savoir que l'enseignement ne peut viser à éliminer ou remplacer des connaissances par d'autres, mais doit plutôt s'intéresser à susciter des dérangements épistémologiques qui permettront aux étudiant(e)s de s'initier aux jeux de la connaissance. Par dérangement épistémologique, nous entendons donc une prise de conscience du statut épistémologique de leurs propres connaissances, et la reconnaissance de l'intérêt et de la possibilité de considérer les postulats et les règles des autres jeux de la connaissance, dont celui du savoir scientifique. En somme, il s'agit, comme le dit si bien Morf (1987), d'accorder «... un statut épistémologique à l'élève...» (p. 20), en tant que re-producteur de connaissances, plutôt que celui de simple répétiteur. Toutefois, nous ne devons pas sous-estimer les difficultés inhérentes à cette tâche ni l'étendue dans le temps du processus de dépassement de ces difficultés qui ne peut être conçu comme un changement instantané et radical. Les propos suivants de Bateson (1980) sont instructifs sur le sujet. À la suite du choc cognitif qu'ont entraîné chez lui les expériences sur la perception (illusions sensorielles, etc.) proposées par Adelbert Ames, il souligne la lenteur du processus que suppose la résolution de ce choc:

> Depuis 1943, c'est-à-dire depuis que j'ai assisté à cette expérience, j'ai tenté de vivre dans le monde de la vérité, plutôt que dans celui des fantaisies épistémologiques. Je ne crois pas y être parvenu. Après tout, le traitement de la folie demande une psychothérapie ou quelque expérience radicalement nouvelle et déterminante. Une seule expérience, qui prend fin au laboratoire, ne saurait être suffisante.» (p. 237)

C'est dans un tel cas, nous semble-t-il, que les propos de Bachelard (1975) qui soulignait le fait que l'étudiant(e) devait être «psychanalysé» si l'on voulait qu'il participe au jeu de la connaissance scientifique, prennent tout leur sens. Mais, ajouterions-nous, cette«psychanalyse» ne doit pas être univoque et s'appliquer au seul savoir de l'étudiant(e), mais aussi au savoir scientifique. Car, somme toute, le problème ne réside ni dans les conceptions antérieures des apprenant(e)s ni dans celles qu'on leur propose lors d'un enseignement formel. C'est plutôt la méconnaissance de la nature des unes et des autres qui pose problème et qui peut conduire à les considérer comme interchangeables, alors que ces conceptions, tout en procédant toutes deux de contingences cognitives et sociohistoriques, divergent grandement quant à l'itinéraire de leur production et de leur reconnaissance (Ziman, 1980). En bref, si nous revenons au problème d'apprentissage des sciences cité au début de ce travail, nous pouvons alors le reformuler dans les termes suivants: comment aider les étudiant(e)s à passer d'un jeu de connaissance à l'autre de manière avertie et ... émancipatoire?

La section suivante est consacrée à la présentation de la stratégie que nous avons conçue à cet effet.

LA STRATÉGIE PÉDAGOGIQUE DU DÉRANGEMENT ÉPISTÉMOLOGIQUE

On peut penser, à la suite de Morf (1985), que l'idée plus générale de connaissance qui est véhiculée dans nos institutions de formation n'est pas étrangère à la persistance de la «logique substantialiste» qui marque la compréhension qu'ont les étudiant(e)s du savoir scientifique, telle que mise en évidence dans les nombreux travaux portant sur les conceptions spontanées. En effet, comme il le souligne, le plus souvent, le savoir dispensé se donne la mission d'être rassurant et ne présente que des connaissances établies, excluant l'inconnu ou le mal connu. Par là, c'est tout le processus de fabrication du savoir avec ses audaces, ses détours, ses contradictions et ses négociations, qui est masqué. Est-il, dès lors, si étonnant que les élèves pensent que le savoir n'est qu'une mise en mots (ou en chiffres) d'évidences empiriques?

En outre, il s'ajoute à ces contextes celui plus particulier du contrat didactique (Brousseau, 1981) qui résulte du type d'interaction «maître-élèves». Or, comme le développe Balacheff (1986), ce contrat conditionne le rapport au savoir au sens où, la plupart du temps, ce qu'on demande aux étudiant(e)s n'est pas d'agir comme un(e) théoricien(ne) qui produit, de manière rigoureuse, du savoir mais plutôt comme un(e) praticien(ne) qui produit, de manière efficace, une solution qui, de plus, doit avoir

l'allure des solutions admises dans la discipline et être acceptable en contexte scolaire. En d'autres termes, le contrat didactique conditionne la signification que l'élève attribuera à une situation-problématique et, le plus souvent, requerra de lui qu'il agisse en empiriste. Les travaux de Dillon (1978) pointent également dans cette direction lorsqu'il dénonce l'illusion des enseignant(e)s à éduquer par des questions et des problèmes qui, de fait, n'en sont pas puisqu'ils ont déjà les réponses.

Du point de vue didactique, cela soulève plusieurs questions. On peut, en effet, se demander comment, avec une telle croyance en l'évidence, les élèves pourront accéder à la signification hautement abstraite du concept de masse, par exemple? Nous avons pu observer d'ailleurs que cet aspect n'échappe pas aux élèves et que la dimension abstraite du savoir scientifique leur pose problème:

> J'ai de la misère à voir comment on peut faire [avec des choses qu'on ne voit pas]. Ils [les professeurs] vont nous l'expliquer et on va comprendre comment ils [les scientifiques] ont pu voir ça. Ils vont arriver et dire: «la distance de la terre à la lune égale quelque chose...» je ne le sais pas par cœur. Mais comment ils ont fait pour mesurer ça? Ils n'ont pas un gallon à mesurer si long que ça! J'ai bien de la misère avec ça [...] Et le gars [qui] a découvert ça: comment il a fait? Il est venu de même un matin et ça lui est arrivé? C'est dur. Je vais comprendre un coup que ça va être expliqué, mais le gars à qui personne ne l'a jamais expliqué quand il l'a su, comment il a fait? (1989, p. 155)

D'autre part, on peut s'interroger sur la portée émancipatoire, à la fois individuelle et collective, de nos stratégies d'éducation à la science, si elles se confinent à la seule confrontation des conceptions premières des élèves avec les résultats de la science, avec la version publique de celle-ci. Ne risque-t-on pas que la science soit comprise comme une marche triomphante vers la vérité et les scientifiques comme les héros doués et indéfectibles de cette épopée? Qui plus est, du point de vue collectif, cela ne conduit-il pas à reconnaître que seules certaines catégories de personnes, les «experts» scientifiques, sont aptes à produire des discours qui ont une valeur cognitive fondée? Pour nous, la réponse à ces questions est claire: rien ne justifie que nos programmes d'étude n'intègrent par une réflexion épistémologique sur les jeux et les enjeux du savoir scientifique et son procès. D'une part, il s'agit là de leur objectif éducatif même, puisque le principal intérêt de leur existence réside dans le fait qu'ils peuvent favoriser la construction des connaissances plutôt que le psittacisme. D'autre part, cette réflexion caractérise les champs d'étude auxquels l'éducation à la science puise ses objets d'enseignement. Enfin, en tant qu'éducateurs et éducatrices, il nous revient non seulement d'aider nos élèves à améliorer leurs performances, mais aussi et surtout à élargir leur compétence d'acteur et d'actrice sociaux. Or, d'un point de vue strictement individuel, la confrontation de son savoir et de ses croyances à un savoir

public, dont les heurts et grincements intellectuels sont gommés, peut donner lieu à une dépréciation de ses propres compétences, comme l'indique la suite des propos du sujet précité:

> Il devait drôlement être doué. Il faut certainement être doué, être intéressé, intelligent. Il y en a qui sont plus intelligents que d'autres. C'est comme la loi de la nature de tantôt: il y a les arbres qui grossissent et il y en a qui vont toujours rester tout le temps petits. (idem)

C'est pourquoi il nous a semblé important de penser une stratégie pédagogique qui donne un statut épistémologique plus actif aux élèves et à l'enseignant(e), intègre le caractère réflexif, conflictuel, inachevé et contingent de toute prise et production de connaissance et permet aux uns et aux autres de se familiariser avec le jeu très sérieux de la production du savoir scientifique. C'est dans la foulée de ces préoccupations que nous avons élaboré la stratégie dite de dérangement épistémologique, qui consiste essentiellement à promouvoir une réflexion critique sur les postulats et les finalités qui orientent toute production de connaissance, dont celle du savoir scientifique. Avant de présenter les grandes lignes de cette stratégie, quelques précautions d'usage s'imposent quant à la notion de dérangement épistémologique et celles de confrontation et de conflit cognitif qui lui sont associées.

L'idée de dérangement épistémologique

Selon l'option conceptuelle à laquelle on adhère, les idées de dérangement épistémologique, de confrontation et de conflits cognitifs peuvent prendre diverses significations. Ainsi, pour certaines personnes, ces notions peuvent avoir une connotation péjorative, voire suspecte, parce qu'elles prennent leur sens à partir de leur opposition aux notions d'empathie et d'acceptation inconditionnelle. Pour d'autres, et c'est notre option, elles prennent leur sens à partir d'une perspective constructiviste du développement intellectuel, qui postule que celui-ci procède de rééquilibrations incessantes. En ce sens, elles ne sont donc pas posées sur le seul plan affectif bien qu'à l'instar de toutes les conduites cognitives, les conduites auxquelles renvoient ces notions comportent inévitablement une dimension affective. On peut ainsi penser que, pour toutes sortes de raisons, nous soyons motivés à résoudre un problème imprévu qui «dérange» notre structure d'appréhension habituelle, notre mode de comportement. Or, et c'est là l'un des objectifs de sensibilisation de la stratégie que nous avons élaborée, cela signifie qu'un concept n'a jamais de signification univoque et prend son sens non seulement à partir du réseau conceptuel dans lequel il s'inscrit (on peut ici penser au concept de masse dans la mécanique newtonnienne, qui prend un tout autre sens dans la mécanique einsteinienne!), mais aussi des intérêts et des projets personnels.

En d'autres termes, cette stratégie vise à faciliter chez les personnes le questionnement de leurs représentations en vue de les dépasser (ce qui ne suppose pas le rejet des options personnelles, mais plutôt leur dialectisation), et ce, grâce au développement d'une capacité de réfléchir et d'interroger, de manière critique, les postulats qui supportent leurs stratégies de construction de connaissance et celles des autres. En somme, il s'agit de favoriser l'occasion d'exercer une «démocratie épistémologique», en prenant conscience qu'il y a des points de vue, une diversité d'argumentations, etc., et non pas de provoquer un dérangement épistémologique sur un mode personnel et avec des intentions d'«enfoncer» cognitivement les personnes. Il ne s'agit pas d'une sorte de provocation psychologique délibérée qui, sous prétexte de faire bouger les personnes, les blesse. Il s'agit d'un contexte qui fait usage d'un dispositif expérimental (en l'occurrence, l'usage d'un logiciel heuristique) qui simule des phénomènes à l'écran et auxquels on tente de fournir une explication. Et c'est au cours de la modélisation de ces explications qu'intervient la stratégie dite de dérangement épistémologique, en invitant les personnes à préciser les fondements de leurs explications, à réfléchir sur les limites de ces fondements et leur validité et à se construire collectivement, à l'instar des communautés scientifiques, des critères et des règles d'acceptation des modèles. En bref, cette stratégie vise à faire prendre conscience, comme le dit heureusement G. Bateson, que la «carte n'est pas le territoire», que la connaissance scientifique, comme les autres types de connaissance, résulte d'une construction et est tributaire non seulement des critères de production reconnus par la communauté scientifique, mais également des images socialement reconnues de la connaissance à une époque donnée et des diverses positions qu'occupent les personnes-productrices de connaissance au sein d'une société.

Dans cette perspective, notre stratégie de dérangement épistémologique s'apparente à une stratégie d'«autonomisation» cognitive plutôt qu'à une stratégie dépréciative, voire coercitive, des acquis cognitifs des personnes. Elle peut ainsi être émancipatoire, car un sujet qui est confronté à une situation-problème (comme le permet le logiciel retenu) et qui réussit à inventer une procédure pour la résoudre et à justifier celle-ci au sein d'un groupe de travail, se découvre un pouvoir d'action qui peut favoriser à ses yeux non seulement sa réussite en d'autres domaines, mais également une appréhension critique des connaissances et stratégies qu'on lui propose... dont celle de dérangement épistémologique! Examinons maintenant de plus près les outils de cette stratégie.

L'orientation de la stratégie

La stratégie générale du dérangement épistémologique peut être actualisée en des stratégies pédagogiques diversifiées, comme l'un de nous l'a montré ailleurs (Nadeau & Désautels, 1984). On peut ainsi, à l'instar du groupe-auteur du cours de chimie «Science, Technology, Society, Communication» (1987), conjuguer les éléments classiques de l'enseignement de la chimie avec ceux de la philosophie et l'histoire des sciences qui y sont directement liés. Toutefois, c'est une autre voie que nous avons choisie, soit celle qui consiste, au sein d'un groupe-classe, à simuler certaines conditions de la production du savoir scientifique, dans le cadre général d'une stratégie dite de dérangement épistémologique. À cette fin, nous avons retenu deux conditions du jeu de la connaissance scientifique que l'on peut résumer comme suit:

1. *Le savoir scientifique est un savoir construit, inventé.*
   Les scientifiques élaborent des concepts, lois et théories afin de donner une signification aux phénomènes qu'il modélisent et ainsi répondre aux questions qu'ils se posent relativement à ces modèles.
2. *Le savoir scientifique est un savoir négocié et argumenté.*
   La production du savoir scientifique est une entreprise essentiellement collective: il n'y a pas de science idiosyncratique. Les modèles et les solutions proposés sont soumis à l'évaluation des pair(e)s qui en apprécient la pertinence logique et expérimentale par rapport au savoir établi. Par ailleurs, ces critères explicites s'appuient également sur des critères tacites, telles les croyances métaphysiques, le prestige des chercheur(e)s, etc.[12]

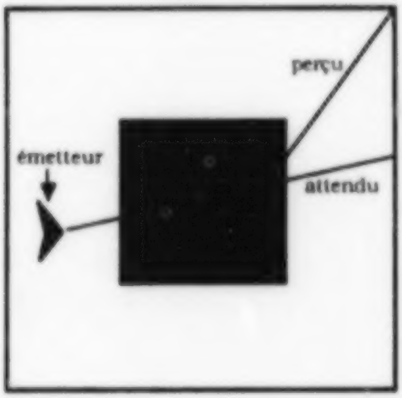
L'actualisation de ces conditions dans le contexte de la simulation repose notamment sur l'usage du logiciel l'Énigmatique (Désautels, Lauzon & Larochelle, 1987) et prend la forme suivante: chaque groupe de trois étudiant(e)s forme une équipe de recherche qui dispose d'un laboratoire (micro-ordinateurs), et a pour travail d'imaginer des solutions aux problèmes générés dans les diverses situations énigmatiques. Les solutions aux énigmes doivent être acceptées collectivement puisque ni les intervenant(e)s ni les animateurs et animatrice n'ont «la» bonne réponse. Ainsi, à l'instar de la communauté scientifique qui ne peut consulter le grand livre de la «NATURE», les étudiant(e)s doivent décider non seulement des explications à retenir, mais également des critères et des méthodes jugés acceptables pour les construire. À cet effet, divers outils et formes d'interaction leur ont été proposés, depuis la tenue d'un cahier de laboratoire d'équipe, la production d'un journal «épistémologique» personnel, jusqu'à la réalisation d'affiches-posters permettant aux équipes de confronter leurs modélisations lors de colloques scientifiques. Nous en rappelons brièvement la teneur dans les pages qui suivent[13].

1. L'Énigmatique: une source potentielle d'énigmes

L'Énigmatique est un logiciel qui simule à l'écran des phénomènes qui constituent une source potentielle[14] d'énigmes que les étudiant(e)s doivent expliquer. Ceux-ci deviennent ainsi des chercheur(e)s confrontés à des problèmes et le micro-ordinateur représente leur laboratoire de recherche. En ce sens, l'Énigmatique peut être qualifié de logiciel heuristique, parce qu'il permet la construction de connaissances originales.

L'énigme qui se pose aux chercheur(e)s est reliée au comportement inattendu «d'entités» inconnues émises par l'un ou l'autre des quatre émetteurs disposés autour d'un carré opaque, et dont on peut repérer les traces à l'écran. Ainsi, comme l'illustre la figure 1, on constate que la trace laissée par une entité a changé d'orientation à la suite d'une possible interaction qui a eu lieu sous le carré opaque, alors qu'on aurait pu s'attendre à ce qu'elle demeure rectiligne.

Figure 1



Ce sont éventuellement les différences entre les attentes des chercheur(e)s et ce qu'ils perçoivent à l'écran, qui peuvent donner lieu à l'élaboration d'un problème à résoudre. Y aurait-il un «objet» caché derrière le carré opaque qui permettrait de rendre compte du comportement des entités? Est-il possible d'en construire un modèle explicatif? Comment élucider cette situation énigmatique? Comment juger s'il en est bien ainsi?

Il nous faut tout d'abord souligner le fait que le logiciel permet de créer d'intéressantes situations de recherche. En effet, en aucun moment les chercheur(e)s ne pourront «voir» derrière le carré opaque, tout comme les chercheur(e)s scientifiques ne «voient» pas, par exemple, les forces gravitationnelles, les forces électro-magnétiques ou les électrons. Les chercheur(e)s ne pourront par ailleurs jamais consulter une instance extérieure, que ce soit un manuel ou les animateurs et animatrice, pour savoir s'ils ont fourni la bonne réponse, pas plus que les scientifiques ne peuvent consulter le grand livre de la «NATURE» pour vérifier la plausibilité des explications qu'ils élaborent afin de résoudre les problèmes qu'ils posent.

Si nous transposons le problème dans le domaine de la production du savoir scientifique, c'est à la communauté scientifique qu'il revient d'apprécier la validité des connaissances produites à l'aide des critères et des normes qu'elle a adoptés. Entendons-nous bien: cela ne signifie pas qu'il y ait unanimité dans le champ scientifique quant à la définition de ce qui est scientifique et de ce qui est valide. La définition de ces critères et normes représente un enjeu constant et donne lieu à des querelles de légitimité qui présentent plus d'un lien avec des luttes de pouvoir.

De façon similaire, c'est le groupe d'étudiant(e)s qui doit se donner des règles qui lui permettent d'opérer une discrimination et une sélection entre les diverses explications qui seront proposées. C'est donc par les discussions qui auront lieu et la qualité des arguments déployés que se développera un ou des consensus autour d'une ou plusieurs explications plausibles. En cas de litige, les protagonistes devront retourner à leurs laboratoires respectifs afin de mettre à l'épreuve les modèles proposés et développer une nouvelle argumentation. Mais, comme toute situation de recherche, il est des cas où deux modèles seront également plausibles et alors la petite communauté scientifique aura à vivre comme la grande, dans le doute, l'indécision... et la compétition!

2. Le cahier de «laboratoire»

Au cours de la simulation du fonctionnement d'une communauté de chercheur(e)s, les étudiant(e)s sont engagé(e)s dans divers types d'activités: réflexions personnelles, discussions de groupe, réalisation d'expériences, analyses de données, etc. Un certain nombre de ces activités ont été effectuées au laboratoire — ici représenté par l'ordinateur. Dans ce contexte, il nous a paru judicieux, puisque cela est d'usage courant chez nombre de scientifiques, de faire usage d'un outil de travail: le cahier de laboratoire. Les extraits qui suivent, issus d'un document préparé à l'intention des chercheur(e)s-étudiant(e)s, en illustrent la teneur.

C'est dans un tel cahier qu'au jour le jour, parfois de minute en minute, les chercheur(e)s consignent le fruit de leurs réflexions, leurs intuitions, les changements de cap, les résultats de leurs actions. En bref, ce cahier illustre le cheminement suivi par les chercheur(e)s pour élaborer des réponses à leurs questions, c'est-à-dire construire des connaissances. De manière plus spécifique que retrouve-t-on dans ce cahier?

Remarquons tout d'abord qu'il est bien difficile d'énumérer tous les types de contenus apparaissant dans le cahier de laboratoire. Les scientifiques ont des habitudes et des méthodes de travail, des manies et des goûts personnels, qui rendent cette tâche ardue. Cependant, de manière générale, on peut regrouper les informations d'un cahier de laboratoire sous les rubriques qui suivent:

- Le problème à l'étude. [...].
- Les solutions envisagées. [...].
- Des résultats d'observations. [...].
- Des idées d'expériences à faire. [...].
- Des résultats d'expériences. [...].
- Des analyses de résultats. [...].
- Des comptes rendus de discussions et de décisions. [...].

[...]. Ces quelques rubriques permettent de donner un aperçu de la variété des informations que l'on peut trouver dans un cahier de laboratoire. Métaphoriquement, on peut le comparer au livre de bord sur un voilier, dans lequel on consigne soigneusement: l'origine et la destination du voyage, l'itinéraire prévu, les conditions météorologiques quotidiennes, les changements de cap, l'état du matériel, le moral de l'équipage, et, parfois, la poésie de l'un ou l'autre des équipier(ère)s!

Il s'agit donc d'une description du travail de recherche dans son déroulement, au fur et à mesure qu'il s'effectue. On y retrouve les hésitations des chercheur(e)s, les difficultés de toutes sortes qu'ils ont rencontrées, les imprévus, les bonnes et les fausses pistes, les expériences qui ont mal fonctionné et celles qui ont été fécondes. Cela dit, à quoi d'autre peut servir ce cahier?

Il faut d'abord préciser qu'il s'agit d'une production collective. En effet, **le cahier de laboratoire est une responsabilité d'équipe.** Il lui servira en premier lieu à rédiger collectivement un rapport de recherche en bonne et due forme, dans lequel on ne conserve bien sûr que les éléments essentiels à la démonstration. C'est donc à partir de ce cahier que vous allez préparer le rapport de recherche (et l'affiche-poster qui le résume), qui sera utilisé lors des débats et colloques scientifiques.

En second lieu, **le cahier de laboratoire a aussi un usage individuel**. Photocopié et remis à chaque membre de l'équipe, il constitue une source d'inspiration pour les réflexions que chacun(e) de ces membres présentera dans son journal personnel. En effet, ce cahier reflète, d'une certaine façon, votre pensée-en-action, et le travail que nous vous demandons d'effectuer dans le journal personnel consiste à réfléchir sur les réflexions que vous avez effectuées au moment où vous réalisiez votre recherche.

3. Le rapport de recherche

Après quelques semaines d'activités (5 ou 6), chaque équipe devait préparer un rapport de recherche sous la forme d'une affiche-poster, dont la structuration leur a été expliquée dans les termes des extraits suivants:

> L'affiche-poster est l'équivalent d'un rapport de recherche pour les scientifiques. Ces dernier(ère)s, au terme de leurs travaux, présentent de manière ordonnée: le problème qui devait être résolu; les suppositions qui fondent la démarche de recherche; les observations et les expérimentations réalisées; et les types de mesures effectuées, les analyses et les conclusions. En bref, le rapport de recherche est une démonstration qui vise à convaincre les collègues du bien-fondé de la solution proposée. Cette démonstration peut faire l'objet d'une publication dans une revue spécialisée ou encore d'une communication lors d'un colloque. Très souvent, des débats (écrits ou oraux) s'ensuivront, portant sur divers aspects de la recherche... ou de l'équipe de recherche!
>
> Tout au long du cours, vous aurez vous aussi l'occasion de débattre de la plausibilité de vos conclusions de recherche. À cet effet, chaque équipe aura un rapport de recherche à réaliser, à partir, entre autres, de ses notes de recherche (cf. cahier de laboratoire). Ce rapport de recherche prendra la forme d'une affiche-poster qui comporte les rubriques suivantes:
> - Définition du problème
> - Les suppositions qui fondent la démarche de recherche
> - Les observations recueillies
> - Les hypothèses de recherche
> - Les plans d'expériences
> - Les résultats expérimentaux et leurs limites
> - Les analyses
> - Les conclusions
> - Les nouvelles pistes de recherche

4. Les colloques

En vue de simuler l'itinéraire de la reconnaissance officielle d'une connaissance, deux colloques ont été organisés de façon à promouvoir des discussions et des débats pouvant, éventuellement, générer un ou des consensus quant à la plausibilité des solutions présentées. L'esprit de ces colloques a été expliqué aux étudiant(e)s dans les termes qu'illustrent ces extraits:

> La recherche scientifique est un jeu sérieux, exigeant, passionnant, qui donne lieu à des débats qui se veulent fondés, c'est-à-dire des discussions qui s'appuient sur des arguments dont on reconnaît collectivement la valeur. En ce sens, on peut les distinguer des débats "spontanés" où sont en jeu des impressions et opinions du type: "Moi je pense que c'est vrai, point à la ligne". L'affiche-poster que vous aurez à réaliser présente donc l'ensemble des arguments (expérimentaux, logiques) sur lesquels vous pouvez vous appuyer explicitement pour justifier votre position dans le débat scientifique. Mais à quoi servent donc ces débats?

> Les débats entre scientifiques ont pour but, entre autres, d'établir, à plus ou moins long-terme, un consensus autour des problèmes qu'ils et elles tentent de résoudre et des solutions envisagées. D'une certaine façon, cela ressemble à un vote, car les avis éclairés de la majorité sont importants. Mais les avis de la minorité sont aussi très importants et, cela s'est produit souvent dans l'histoire des sciences, ils peuvent s'avérer féconds. Par exemple, un grand nombre de scientifiques n'ont pas été convaincus par les arguments de Darwin ou d'Einstein au moment où ceux-ci ont présenté leurs théories. Toutefois, à long-terme, ces théories se sont révélées très fécondes. L'adoption d'une position qui fait l'objet d'un consensus à la suite d'une discussion serrée, comporte donc un risque, soit celui d'engager la majorité des chercheur(e)s sur des pistes de recherche peut-être stériles. La présence de ces débats au sein des communautés de scientifiques nous permet de comprendre que si la production des connaissances scientifiques suppose que des personnes imaginent des solutions à des problèmes, il faut également que ces solutions soient reconnues et partagées pour avoir le statut de connaissances scientifiques.

Par ailleurs, pour aider les étudiant(e)s dans l'organisation et la gestion de ces débats, nous leur avons proposé les règles suivantes:

1. L'élection d'un jury de trois membres dont le mandat consiste à évaluer les travaux présentés et à désigner les équipes qui recevront des subventions de recherche, compte tenu de la qualité de leurs travaux.
2. Avant les présentations officielles des travaux de recherche, chaque équipe doit évaluer le travail de trois autres équipes et leur présenter, en privé, une brève évaluation écrite selon les critères que nous leur avons suggérés (fiabilité, précision et exhaustivité des données; démonstration articulée et argumentée; fécondité du modèle proposé, etc.)*.

5. Le journal personnel

Le journal personnel est l'un des principaux outils de la stratégie et a été conçu pour aider les étudiant(e)s à réfléchir à la fois sur leur propre processus de production et sur celui dit scientifique. En outre, pour nous, il constitue l'instrument principal de cueillette de données. En l'occurrence, il importait de bien expliciter aux étudiant(e)s sa nature. Le texte qui suit présente quelques extraits du document que nous leur avons présenté.

> Lors de la présentation du cahier de laboratoire, nous avons vu qu'il s'agissait d'un cahier où vous consignez les réflexions qui guident votre action de recherche, au sein d'une équipe. Plus particulièrement, nous avons indiqué que ce cahier représentait votre *réflexion-en-action* et qu'il constituait une source d'informations utiles pour élaborer collectivement le rapport de recherche et participer, d'une manière avertie, aux débats-colloques.

* Cette deuxième règle n'a pu être appliquée qu'au premier colloque, compte tenu de la période de temps plus restreinte allouée au second colloque.

Le journal personnel, tout en étant relié à vos activités de recherche et de débats, comporte des dimensions nouvelles. D'une part, il s'agit d'un *travail personnel* régulier (toutes les semaines) et réalisé en dehors des heures de cours. D'autre part, il est une occasion de *réflexion*, cette fois, *sur votre réflexion-en-action*. Enfin, tout comme les débats, il peut être le lieu de confrontations et de discussions, à la différence que vous devrez vous-même remplir tous les rôles. Vous serez à la fois: celui ou celle qui avance les idées, les développe et les argumente; en souligne les fécondités comme les impasses, les confusions comme les clarifications, les trouvailles "chouettes" et les trouvailles "inquiétantes".

En fait, vous serez "juge" et "partie", responsable à part entière du déroulement des discussions entre vos idées, et de l'appréciation de ces discussions!

Il s'agit là d'un travail qui n'est pas toujours facile: bien sûr, chacun(e) de nous a fait l'expérience au moins une fois dans sa vie de réfléchir sur ses idées, ses croyances, ses projets, ses études. Nous sommes donc plus ou moins familiers et familières avec l'action de réfléchir sur nos actions. Mais cette réflexion sur l'action n'est pas nécessairement critique. On peut très bien se remémorer des situations de vie et le rôle qu'on y a joué, sans pour autant remettre en question la situation, ou notre façon de la comprendre et d'y agir, ou encore la compréhension et l'action des autres personnes. D'ailleurs, s'il nous fallait constamment remettre en question nos actions les plus quotidiennes, on serait un peu comme le mille-pattes qui se demande quelle patte il doit avancer d'abord. Il est cependant des cas où il est drôlement utile d'examiner de manière critique nos conceptions. Mais qu'entend-on par là?

L'une des premières caractéristiques d'une pensée dite critique s'illustre par la possibilité de fonder nos idées, c'est-à-dire en fournir les raisons. En d'autres termes, cela veut dire qu'on assume la responsabilité de nos idées: ce ne sont pas les autres qui pensent pour nous.

Une autre caractéristique renvoie à la souplesse de cette pensée. C'est dire alors qu'il s'agit d'une pensée sensible au contexte, aux circonstances et aux contraintes qui entourent la réalisation d'une action ou d'un comportement. Elle est ainsi à l'opposé d'une pensée rigide qui ne présente guère de possibilité d'adaptation, de questionnement, et se satisfait, la plupart du temps, d'idées reçues, d'opinions toutes faites.

Mais toute pensée qui répond à ces deux caractéristiques est-elle pour autant critique? De notre point de vue, une pensée critique est aussi une pensée capable d'auto-critique, c'est-à-dire qui permet l'examen de ses fondements et de ses croyances. En deux mots: une pensée capable de se réfléchir elle-même.

Dans cette perspective, l'exercice de la pensée critique peut être une ressource pour l'action. En effet, savoir apprécier les différents éléments qui sont en jeu dans une situation ou ceux qui influencent notre pensée et nos activités d'apprentissage, peut nous permettre de comprendre que nos façons habituelles de connaître ne sont peut-être pas appropriées à toutes les situations et qu'il nous faut les transformer. C'est en ce sens que la pensée critique peut être une ressource. [...] Par ailleurs, de notre point de vue, il ne suffit pas de dire qu'elle est une pensée fondée et souple. Elle doit

> aussi s'appliquer ce qu'elle prône et, notamment, interroger sa façon d'être critique et ... ses idées de connaissance.
>
> C'est là tout un programme, celui d'une vie peut-être, et il peut prendre diverses formes. Parmi celles-ci, l'écriture présente plusieurs avantages que la seule réflexion orale n'a pas. En effet, on peut revenir sur un texte que l'on déjà écrit, y noter que l'on avait de bonnes idées, ou encore qu'avec le temps, on en a transformé certaines. On peut ainsi se rendre compte que ce que nous avions l'habitude de penser ne nous convient plus maintenant, ou encore que nous l'avons raffiné grandement. On peut aussi noter ce qui nous surprend, ce que nous ne comprenons pas, ce que nous avons de la difficulté à accepter ou ce qui nous préoccupe fondamentalement et les esquisses de solutions possibles.
>
> En bref, l'écriture et, plus particulièrement, la réalisation d'un journal où l'on réfléchit sur nos réflexions et actions est une occasion de contrôle sur celles-ci et, surtout, de prise de conscience de leur évolution.

La production d'un journal animée par un tel processus de réflexivité (la-réflexion-sur-la-réflexion) est une tâche difficile pour les étudiant(e)s. Afin de les aider à surmonter «l'angoisse-de-la-page-blanche» et de stimuler leur réflexion, nous leur avons proposé, à quelques reprises, des mémos que nous avons conçus en relation étroite avec leurs activités et questionnements en cours de recherche. L'encadré ci-après illustre l'un de ces mémos qui leur a été remis à la suite du deuxième colloque qu'ils ont tenu.

MÉMO 8

Quand vous avez travaillé en privé (c'est-à-dire en équipe), vous avez pris des décisions "sur le tas", vous avez fait des erreurs, des détours, etc.

À la conférence publique, la plupart d'entre vous n'ont pas parlé de cela. Vous avez présenté vos travaux d'une façon linéaire, presque harmonieuse, comme si vous dérouliez un tapis!

Il y a donc une façon d'exposer ses travaux qui n'est pas la même que celle qui consiste à réaliser ces travaux.

Lorsque les historien(ne)s des sciences étudient les travaux des scientifiques, ils et elles remarquent la même chose. Et pour illustrer cette distinction, ils et elles suggèrent les désignations suivantes:
- science privée (notes de laboratoire, etc.
- science publique (conférences, articles, etc.)

Tentez d'illustrer cela à partir d'une réflexion sur vos travaux... privés et publics.

GROSSE IDÉE: Aviez-vous déjà pensé qu'il pouvait exister une telle distinction?
Vous semble-t-elle plausible?

6. L'orientation de nos interventions

Les difficultés qui jalonnent la mise en œuvre d'une telle stratégie dans le contexte réel d'une classe ne doivent pas être sous-estimées. Ne pensons qu'au fait que les étudiant(e)s ont plus de dix ans d'expérience scolaire, au cours de laquelle leur statut épistémologique d'apprenant(e) a fait l'objet de peu de considération. Pensons aussi à la drôle de mise en pièces du savoir qui est souvent faite en milieu scolaire de même qu'à l'idée de vérité absolue qui y est souvent véhiculée. Dans ce contexte, quel a été notre rôle?

À peu de choses près, il a reposé sur le scénario qui suit. D'une part, nous avons veillé à la bonne marche des travaux de recherche, tout en nous assurant que les diverses équipes produisent des rapports dans lesquels elles fournissent des arguments pour justifier leurs explications. Par ailleurs, nous avons favorisé la tenue de débats autour des questions litigieuses entourant la plausibilité des modèles et des solutions proposés. Toutefois, nous n'avons pas agi en tant que juges et avons laissé les étudiant(e)s choisir un modèle, même si celui-ci pouvait être imposé par l'éloquence des porte-parole d'une équipe. La viabilité du modèle pouvait se révéler, après un moment, douteuse, et les discussions reprenaient de nouveau. Il s'agit là d'une belle occasion pour aider, a posteriori, les étudiant(e)s à prendre conscience du fonctionnement de leur propre communauté de chercheur(e)s et des ressemblances de celui-ci avec le fonctionnement de la communauté scientifique officielle. Rappelons pour mémoire comment Pauling savait, par de véritables spectacles pédagogiques, convaincre ses collègues du bien-fondé de ses théories scientifiques, même si celles-ci comportaient des failles non négligeables, comme le rapporte Watson (1984).

Nous avons également joué le rôle d'épistémologues au sein de la communauté scientifique, en conduisant un questionnement qui a visé notamment à permettre aux étudiant(e)s de développer à la fois leurs compétences réflexives et d'argumentation, en s'interrogeant sur les dimensions suivantes:

- les postulats implicites qu'ils utilisent pour construire des explications «scientifiques», à la suite de la saisie de problèmes inédits (par exemple, le fait de prolonger les traces afin de déterminer un point d'impact sous le carré, laisse supposer que, sous le carré, les entités se déplacent en ligne droite);
- le caractère inévitablement construit des connaissances qu'ils élaborent, qu'il s'agisse de modèles iconiques ou autres («la carte n'est pas le territoire»);
- la possibilité de construire des explications qui ne peuvent être traduites sous la forme de modèles iconiques associés à l'imagerie concrète;

- la nécessité de formuler des argumentations cohérentes (postulats, résultats expérimentaux) dans la construction de leurs explications;
- le caractère intersubjectif du processus d'objectivation;
- et, enfin, le caractère inévitablement social de leurs productions, dans l'accomplissement de celles-ci tout comme dans leur reconnaissance au titre de solutions plausibles.

Ce questionnement a été aussi maintenu dans l'élaboration de nos commentaires sur le contenu des journaux (recueillis hebdomadairement). À titre d'exemple, si un(e) étudiant(e) écrivait que la science procédait essentiellement d'évidences, nous pouvions, selon le cas, l'inviter à clarifier ce qu'il entendait par là, ou lui présenter une anecdote «historique» qui permettait de poser le problème en question, ou encore suggérer des lectures sur le sujet. Dans certains cas, lorsque les étudiant(e)s demandaient explicitement plus d'informations et que celles-ci n'étaient pas disponibles sous une «forme concentrée», nous répondions par un court texte qui pouvait aller de la simple clarification à la présentation de points de vue contradictoires qu'il leur appartenait de traiter.

QUELQUES ÉLÉMENTS DU CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Nous ne pouvons évidemment pas dans les limites de cet article rapporter le détail du déroulement de la stratégie durant les douze semaines qu'a duré sa mise à l'épreuve. Nous nous en tiendrons donc à la présentation de quelques éléments relatifs au groupe d'étudiant(e)s, aux instruments de recherche et à l'analyse des matériaux.

La stratégie a été mise en œuvre dans le contexte d'un cours régulier de philosophie du collégial qui a pris pour l'occasion l'intitulé suivant: «Épistémologie et visions du monde: autour de l'idée de science». Trente-cinq étudiant(e)s* , dont la moyenne d'âge en janvier 1989 était de 17 ans et 5 mois, composaient le groupe-classe. Ils avaient en moyenne suivi six cours de science au secondaire et trois au collégial. Leurs programmes d'études étaient les suivants: sept étudiant(e)s étaient inscrits en sciences humaines, trois en technique, vingt en science et cinq ont noté qu'ils étaient en transition (c'est-à-dire en voie de changement de programme).

Le premier cours a été consacré entièrement à la présentation de la recherche et, comme l'avoueront plus tard nombre d'étudiant(e)s, celle-ci a suscité plusieurs interrogations. Cette présentation a été précédée par la passation d'un questionnaire qui visait à connaître, au début du cours, les points de vue «spontanés» des étudiant(e)s à

* Au début de l'expérimentation, le groupe comptait 42 étudiant(e)s mais 7 d'entre eux ont abandonné en cours de route. Nous ne connaissons pas les motifs associés à ces abandons, car ils étaient libres de mettre fin à leur participation selon les termes de la formule de consentement que nous leur avons proposée.

l'égard de l'idée de science et non pas à évaluer leurs connaissances formelles. C'est également ce même questionnaire que nous avons repris à la fin du cours, en lui ajoutant cependant des questions qui visaient à aider l'étudiant(e) à formuler son appréciation du cours et de son propre cheminement. Ils étaient également invités à évaluer nos «interventions» et nos «idées» pédagogiques et, comme ils l'avaient déjà fait à l'égard des travaux de leurs condisciples, à préciser si celles-ci pouvaient faire l'objet d'une subvention de recherche!

La présentation de la recherche et de la démarche pédagogique qui serait mise en oeuvre a occupé les deuxième et troisième heures du cours. Les étudiant(e)s pouvaient suivre nos discours pas à pas, puisque ils avaient reçu un cahier comportant des textes sur chaque dimension que nous abordions. Le premier document précisait, entre autres, qu'ils seraient placés dans une situation pédagogique conçue pour susciter des changements conceptuels chez les participant(e)s et que cela pouvait, le cas échéant, être insécurisant. D'autre part, ils étaient prévenus que ce développement ou changement conceptuel porterait sur leur théorie spontanée de la connaissance scientifique. Enfin, ils étaient informés qu'au cours des semaines suivantes on simulerait certaines conditions de la production du savoir scientifique, en vue de les aider à réfléchir sur cette production tout comme sur leurs propres productions de connaissances. En bref, ils furent explicitement informés des tenants et aboutissants de la recherche et pouvaient se faire une idée de ce à quoi ils devaient s'attendre.

Nous leur avons également remis un plan de cours qui précisait les objectifs généraux du cours et les activités pédagogiques, notamment le déroulement, les travaux requis et le mode d'évaluation. Par la suite, nous avons expliqué l'usage des divers outils que nous avons fabriqués pour la démarche pédagogique et la recherche elle-même, soit le cahier de laboratoire, le rapport de recherche et les débats-colloques et le journal personnel. Enfin, nous les avons invités à lire attentivement la formule de consentement, et à nous informer de leur décision dans les jours suivants, après y avoir bien réfléchi (une seule étudiante, pour des raisons personnelles, a choisi de la remettre à la toute fin de la recherche, préférant jauger de la valeur de celle-ci avant de donner son accord, ce qu'elle fit d'ailleurs!). La simulation pouvait donc débuter!

La recherche en milieu scolaire est pleine d'imprévus et, dès la première séance au laboratoire, le système électrique du collège flancha, ce qui eut comme résultat de faire augmenter l'impatience des étudiant(e)s (et celle des chercheur(e)s) qui étaient fort curieux de travailler à l'ordinateur et de faire connaissance avec l'Énigmatique. La période d'initiation à l'usage technique du logiciel étant des plus faciles, les équipes furent rapidement plongées dans l'activité de recherche, ses grandeurs et ses misères.

C'était le début d'un long processus au cours duquel, malgré des phases de découragement et d'incertitude qui alternaient avec des phases d'enthousiasme et d'assurance, les étudiant(e)s ont su apprivoiser cette activité de production et mener à terme une expérience de réflexion intense sur leurs propres productions de connaissances, comme en témoignent leurs écrits (notons que les mémos que nous improvisions selon notre compréhension de leurs processus réflexifs se sont révélés utiles pour les aider dans cette tâche). Après deux recherches et deux colloques, la plupart d'entre eux étaient prêts à poursuivre l'expérience qui leur permettait non seulement de comprendre le procès de la production scientifique, mais aussi leur propre procès de production dans ses dimensions privée et publique. En somme, comme nous le verrons lors de la présentation des résultats, la stratégie du dérangement épistémologique semble faisable et prometteuse. Avant de commenter ces résultats, deux mots sur les instruments de cueillette et l'orientation analytique.

Instruments de recherche

Même si notre préoccupation centrale était l'examen de l'éventuelle complexification conceptuelle de l'idée de production de connaissance des étudiant(e)s, via l'étude de leurs productions écrites, nous avons également utilisé un questionnaire au début et à la fin du cours. Les questions étaient inspirées d'une recherche récente que nous avons effectuée sur l'épistémologie spontanée des adolescent(e)s (1989). Mais, de manière générale, le journal qu'ont produit les étudiant(e)s est incontestablement la source de matériaux la plus importante.

En effet, nous pouvons y observer la complexité des avenues par lesquelles les étudiant(e)s ont réfléchi sur leur production de connaissances et celle dite scientifique. Peut-on retracer des cheminements typiques? Des obstacles cognitifs qui en marqueraient le déroulement? Comment les dimensions affective et cognitive de ces processus semblent-elles interagir? Quels sont les thèmes généraux et particuliers qui ont retenu l'attention des étudiant(e)s? Ont-ils été sensibles aux aspects construit et négocié du savoir? Voilà quelques-unes des questions qui ont guidé notre prise de connaissance de leurs productions.

Par ailleurs, Vasco Moretto, étudiant au doctorat sous notre supervision, a décidé d'explorer dans sa thèse si le développement d'une méta-réflexion sur la production du savoir scientifique contribuait à l'interprétation que font les étudiant(e)s des produits de cette production. Plus particulièrement, au cours d'entrevues individuelles avec 17 d'entre eux, il s'est intéressé à leurs représentations des concepts d'atome et de matière avant et après la mise en œuvre de ladite stratégie, qui ne porte pas sur ces concepts.

Enfin, nous avons utilisé deux autres sources d'informations, soit les rapports de recherche produits par les étudiant(e)s et nos propres notes de terrain que nous confrontions après chaque cours. Toutefois, dans cet article, nous nous limiterons aux résultats issus de notre analyse des journaux.

L'ORIENTATION DE L'ANALYSE

À la suite de différents découpages des discours recueillis, nous avons opté pour une analyse essentiellement centrée sur les processus cognitifs mis en œuvre par les étudiant(e)s pour établir un rapport d'appartenance avec l'objet du cours. En effet, nous avons d'abord effectué un découpage des matériaux selon les objets de réflexion ou d'attention qui marquaient les discours puis nous les avons soumis à la technique d'analyse comparative et constante (Larochelle, 1984; Glaser & Strauss, 1970). Intéressantes, ces opérations ne nous ont cependant pas permis d'atteindre ce pour quoi elles étaient conçues. Les objets de discours étaient tellement reliés entre eux, qu'en tracer les frontières donnait lieu à une réduction de leur signification non négligeable. Toutefois, s'interroger sur la fonction de ces objets dans le discours semblait plus prometteur, ce que nous fîmes. Cela nous permit de repérer les différents processus de cognition, depuis la clarification simple à la dialectisation, à partir desquels les objets de discours prenaient relief et sens. En d'autres termes, cela nous permit non seulement de mettre en évidence ce dont les étudiant(e)s ont parlé mais aussi comment ils en ont parlé! Dans la prochaine section, nous présentons quelques résultats issus de l'analyse des journaux et qui portent essentiellement sur les deux processus principaux qui marquent ces journaux, soit les processus de clarification épistémologique et de restructuration.

QUELQUES RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Il nous faut d'abord préciser que la présentation qui suit est une illustration qui vise à rendre compte des principaux objets autour desquels les étudiant(e)s ont articulé leurs réflexions. En ce sens, cette présentation doit être prise pour ce qu'elle est: une indication et non une démonstration.

De quoi ont-ils parlé?

Afin de caractériser les discours recueillis, nous avons, dans un premier temps, procédé au repérage des objets de réflexion autour desquels ces discours s'élaborent.

Vérité, certitude, évidence, objectivité, métaphore, postulats, sentiment de compétence ou d'incompétence, angoisse devant l'inconnu, réactions d'agacement ou, au contraire, de plaisir à nos questionnements incessants, voilà quelques-uns des objets-types qui marquent ces discours et à partir desquels les étudiant(e)s ont réfléchi à leurs idées de science et de production scientifique. Mais comment y ont-ils réfléchi?

En règle générale, cette réflexion prend forme selon deux processus qui ne sont pas par ailleurs exclusifs. Un premier processus, que l'on pourrait caractériser comme étant une clarification épistémologique, consiste essentiellement en une re-définition par les étudiant(e)s des concepts qui sont couramment associés à l'entreprise scientifique ou à leur propre entreprise de production. En fait, tout semble se passer comme si les étudiant(e)s s'expliquaient le concept en cause. L'énoncé qui suit illustre bien ce processus, tout comme il témoigne d'une restructuration de la signification antérieurement accordée au concept dont il est question:

> Je croyais tout savoir sur la production de connaissances scientifiques et plus le cours avance, moins j'ai l'impression que j'en connais, plus je découvre de choses dont je n'imaginais même pas qu'elles puissent exister. La notion que j'ai certainement le plus remise en question est l'objectivité. Dans mon premier [journal], je voyais l'objectivité comme une absence de subjectivité et de la façon que je la décrivais, il n'y avait que les ordinateurs qui auraient peut-être pu atteindre un seuil acceptable d'objectivité, puisqu'elle était rattachée de très près à l'élimination de tout sentiment et émotion. Maintenant, je rapproche beaucoup le concept d'objectivité de la capacité d'entretenir une bonne communication avec d'autres chercheurs et de remettre constamment en question ses propres points de vue et méthodes de travail. (S-12)

Un second processus, qui semble constituer l'orientation dominante des discours et sur laquelle nous allons nous pencher plus longuement, procède de la relecture et de la transformation que les étudiant(e)s ont effectuées certes des différents concepts associés à la production scientifique mais surtout à l'égard de leur propre statut d'apprenant(e). Nous le désignons sous l'appellation de restructuration.

En effet, la remarque la plus générale que l'on peut faire à la suite de ces opérations analytiques, est que pour réfléchir à leur idée de science et de production scientifique, la plupart des étudiant(e)s se sont attardés à l'examen de leur propre statut de sujet connaissant: celui qu'on leur accorde généralement,

> ... je dois répondre aux exigences de la matière et du professeur. Si, par contre, je m'opposais à ce qu'il exige, alors je me verrais arrêter dans mon cheminement scolaire. Je ne passerais pas, donc je recommencerais. (S-2: 1);

celui qu'ils ont intériorisé et qui est plutôt dépréciatif de leurs compétences,

> Un de mes professeurs de science nous a expliqué un «principe» en nous disant pour commencer: «Je ne sais pas pourquoi c'est ainsi, je ne peux pas vous l'expliquer mais croyez-moi.» Était-ce prudent de le suivre les yeux fermés sans poser de questions sur la nature ou les raisons de l'existence de ce principe? Je ne crois pas. Pourtant personne n'osa répliquer et tout le monde le crut... Personne ne savait pourquoi. (...) Il s'est servi de son autorité, sa «supériorité» pour nous faire valoir la validité de ce qu'il disait. (S-15: 7),

> ... les cours de sciences sont tout programmés et dessinés d'avance. C'est-à-dire que, lorsqu'on fait une expérience quelconque dans n'importe laquelle des sphères des sciences, nous sommes toujours en face d'une recette ou d'un plan d'expérience que nous devons suivre à la lettre si nous voulons arriver aux résultats escomptés. Cette pratique fait de nous de parfaits petits robots qui sont récompensés par des points sur un bulletin. (S-21: 11);

et celui qu'ils ont découvert en cours de recherche:

> Cela peut paraître ridicule à première vue, mais bien que je suis en sciences je n'ai jamais eu vraiment l'occasion de donner mon opinion. J'ai appris à appliquer des «théories scientifiques» sans jamais me demander s'il pouvait exister autre chose de plus sensé. Par l'intermédiaire de ce cours, les rôles ont changé; c'est à mon tour d'expliquer certains phénomènes. ... de pouvoir enfin exploiter toutes [mes] ressources afin d'accomplir un projet personnel et non arriver à une réponse toute trouvée et écrite à la fin du manuel. (S-1: 2).

Si cette découverte n'a pas été sans heurts ni même grincements affectifs, car c'était plutôt déroutant, comme dit l'une, de n'avoir pour toute réponse à nos questions que d'autres questions (S-18), elle semble cependant stimulante et contribuer à l'édification d'une idée de connaissance moins figée:

> J'ai réalisé que ma façon de connaître était «classique» on m'explique quelque chose on me dit: c'est ça, avec bien sûr des preuves. J'assimile sans trop me poser de questions et je remets tout identique sur le papier. Avec cette expérience, on apprend à fonctionner autrement. J'avoue qu'au début j'aurais donné n'importe quoi pour avoir un cours classique! J'ai appris que la connaissance c'est beaucoup plus un questionnement que du bourrage de crâne. (S-9: 14)

Pour certains étudiant(e)s, elle leur aurait même permis d'accroître avec succès leur marge de manœuvre d'apprenant(e).

> Je peux affirmer que la recherche a été bonne du côté de mon comportement dans les cours. Je suis plus critique vis-à-vis des professeurs, je me pose plus de questions et je leur tiens tête quand je sais que j'ai raison (mon professeur de chimie a dû avouer qu'il avait tort dans une de ses explications

> après que je l'ai obstiné). Je mets souvent mes croyances, mes postulats en doute pour pouvoir avancer dans ma recherche et quelquefois ça m'aide. (S-31: 9)

Pour d'autres, elle les aurait sensibilisés à l'importance de maintenir une certaine vigilance cognitive:

> ... la plus importante découverte fût pour moi lorsque je me suis rendue compte que j'avais une grande facilité à accepter ce que les autres me disaient. Surtout lorsque j'entendais mes professeurs de chimie et de physique qui expliquaient des phénomènes. C'est rare que l'on peut les voir nous expliquer d'où cela vient et pourquoi c'est ainsi. Ils répètent ce qui est écrit dans les volumes et c'est tout. Avant je ne me préoccupais pas de cela. Et maintenant je le fais. (S-23: 10)

Pour la majorité des étudiant(e)s, cet examen de leur statut cognitif procède de leurs propres activités de recherche et de la prise de conscience graduelle du caractère construit des connaissances, que ces activités suscitent. Ainsi, la compréhension de «l'importance de postuler et de supposer» (S-2) semble être à l'origine de cette prise de conscience pour quelques-uns. Le long extrait qui suit illustre bien cet aspect, de même que le «ludisme» cognitif qu'il a entrainé, aux dires mêmes de son auteure qui souligne que, «les différents concepts et leurs relations et interactions devenaient complexes mais amusants» (S-3: 10).

> Au cours de la recherche, plein d'idées nous sont venues en tête. Pour chaque idée, il fallait avoir de la suite dans les idées et de la logique. Si l'on décidait que les entités émises se comportaient comme des rayons lumineux, il fallait, du même coup, supposer que ce qu'il y avait derrière le rectangle opaque devait être fait de matière réfléchissant la lumière. Par contre, si l'on supposait que ce qu'il y avait derrière le carré opaque n'était pas nécessairement fait de matière réfléchissant la lumière, il fallait alors trouver une autre nature aux entités. Il fallait toujours faire le lien entre la nature des entités et celle de ce que l'on supposait y avoir derrière le rectangle opaque. Mais il devenait encore plus difficile de s'entendre et de s'arrêter à une conclusion finale si l'on extrapolait. On pouvait aussi s'arrêter sur les entités seules. On pouvait supposer qu'il n'y avait rien derrière le rectangle opaque, alors la nature des entités devenait particulière. On pouvait, dans ce cas, donner la vie aux entités et supposer qu'elles se comportaient de façon régulière, de manière à créer l'impression d'un quelconque objet derrière le rectangle opaque, en lui donnant une allure, une forme. Mais toujours en complétant les entrées et les sorties des entités. En allant plus loin, si on leur donnait de la vie, on pouvait discuter, d'instinct, ou de réelle intelligence, qui sait? (S-3: 9).

De manière générale, il nous semble ainsi plausible de penser que les étudiant(e)s, à leur façon, ont expérimenté l'une des propositions centrales du constructivisme, à savoir que pour connaître, il faut déjà connaître!

... pour que je puisse dire le type de phénomène auquel nous faisions affaire, il fallait d'abord que j'ai eu certaines connaissances sur le sujet. De sorte que lorsqu'on se fait poser une question de ce type, on pense tout de suite à ce type de phénomène. L'origine des idées qu'on a vient donc des connaissances qu'on a eues. [...] Il faut avoir eu des connaissances pour avoir des idées et pouvoir observer! (S-30: 5).

Pour d'autres étudiant(e)s, cette prise de conscience aurait été favorisée par le retour réflexif sur ce qu'ils appellent «leurs erreurs». De fait, pour la plupart d'entre eux, ces «erreurs», initialement conçues comme la manifestation de failles personnelles, en viennent à être comprises comme des détours, voire des changements de cap inévitables qui comportent d'ailleurs des avantages à ne pas sous-estimer: ils permettent, entre autres, d'éviter l'enfermement dans une seule avenue de recherche.

Dans notre recherche, ce sont mes erreurs qui m'ont fait avancer. Si je n'avais eu que des réussites d'un seul coup, mon travail aurait probablement été erroné du début à la fin puisque j'aurais supposé une solution unique qui après quelques expériences aurait confirmé cette supposition puisque je n'aurais pu exploiter les autres chemins possibles et peut-être meilleurs. (S-1: 11)

Pour l'une, qui s'est longuement attardée à commenter cette dimension de la production de connaissance, ces détours, même s'ils conduisent à des impasses, n'en sont pas moins porteurs d'informations qui ajoutent à l'expertise d'une équipe de recherche:

Les erreurs et les détours, ce sont ces éléments qui nous conduisent à des résultats. Il est clair que lorsque les travaux privés sont une recherche, celle-ci doit contenir des erreurs et des détours de la part des chercheurs. S'il n'y avait pas d'erreurs, de détours, il n'y aurait pas de recherche car l'on connaîtrait le résultat et si une réponse, un résultat nous étaient donnés, les détours et les erreurs seraient automatiquement éliminés. ... Mais si une équipe se compare avec une autre (car pour vérifier les résultats, c'est la seule façon car personne ne connait les réponses) et qu'ils obtiennent les mêmes résultats, ils risquent fort bien d'avoir emprunté les mêmes étapes. On peut alors vérifier s'il y a eu de détours, des cheminements inutiles réalisés par une équipe. Mais, encore là, on peut prendre cela dans un autre sens. On pourrait dire aussi que l'équipe qui a pris le plus grand nombre d'étapes (détours) pour parvenir à un résultat final, est mieux placée que l'autre. Ces détours ou erreurs peuvent être considérés comme des données supplémentaires à la recherche, des preuves, des vérifications. (S-2: 25)

Enfin, pour quelques étudiant(e)s, ce sont plutôt les débats entre équipes qui les ont incités à réviser leurs comportements de recherche et à y déceler une «erreur» d'économie cognitive, si l'on peut dire. En effet, selon leurs dires, c'est la généralisation de leurs habitudes de connaissance à une situation-problème qui dépasse celles-ci, qui les a conduits à sous-estimer les termes mêmes du problème.

> Je crois que les conclusions que nous avons amenées étaient trop basées sur les observations. C'est sûr que c'est important de ne pas être en conflit avec les observations mais je pense que nous y avons consacré tout de même trop de temps. Nous aurions dû analyser plutôt le comportement des «lignes» qui sortaient des diffuseurs. Une autre chose oubliée, c'est l'étude de la «ligne diagonale trouée». Cette «diagonale» aurait pu être beaucoup de choses, mais nous nous sommes simplifiés la tâche en la définissant comme quelque chose qu'on voit régulièrement. Nous avons restreint nos possibilités en évitant d'aller au-delà des réalités habituelles. (S-34: 9)

En somme, si l'on revient aux préoccupations initiales de notre recherche, soit initier les élèves aux jeux et enjeux du savoir scientifique et de sa production, que pouvons-nous conclure, de manière provisoire, quant à la pertinence et à la faisabilité de la stratégie de dérangement épistémologique?

De prime abord, cette stratégie nous semble pertinente et faisable. Elle est pertinente notamment puisque les étudiant(e)s transforment leur idée de connaissance via la transformation de leurs représentations de leur propre statut d'apprenant(e): ils ne sont pas que des re-producteurs mais aussi des producteurs de connaissance. Elle est aussi faisable puisque cette transformation a pris forme à l'intérieur des contraintes scolaires habituelles. En corollaire à ces aspects, nous pouvons aussi penser que s'ils ont ainsi transformé leurs représentations, c'est peut-être dû au fait qu'il y aurait des prolongements entre leurs champs de préoccupation et les champs d'intérêts sur lesquels repose ladite stratégie. En guise de conclusion, nous présentons un extrait de discours qui tend à montrer que la parenté des processus que les étudiant(e)s établissent entre la production de connaissances scientifiques et leur propre production contribue au développement d'une représentation plus avertie et beaucoup moins fataliste de l'une et de l'autre:

> J'avoue que je n'ai jamais vraiment pensé au processus de production du moins jusqu'à maintenant. Mais je crois que c'était plutôt genre: inspiration du ciel! J'ai vite perdu cette version simpliste du processus de production. Mon idée de la science a vraiment évolué depuis le début des cours. Pour moi, j'ai toujours cru que les chercheurs scientifiques étaient des génies à l'intelligence 2 ou 3 fois plus grande que la nôtre. Mon idée était qu'ils se levaient un bon matin en disant aujourd'hui «J'ai à résoudre ce problème». Ils produisaient alors des connaissances scientifiques. Mais, d'après mes propres expériences, j'ai réalisé que ce n'était pas du tout comme ça. Il faut travailler et faire de l'essai et erreur, c'est en travaillant très fort que l'on arrive à quelque chose. (S-9: 13)

NOTES

1. Nous utilisons l'expression «dites spontanées» afin de souligner l'ambiguïté du caractère spontané de ces conceptions, qui signifierait toute connaissance élaborée avant et/ou en marge d'un enseignement formel. L'apprentissage dans le milieu familial et culturel est-il plus ou moins spontané que celui qui s'effectue en milieu scolaire? Par ailleurs, notre usage de cette expression permet également d'attirer l'attention sur le fait que d'autres désignations telles préconceptions, proto-concepts, conceptions erronées («misconceptions») sont également utilisées dans ce domaine de recherche, et font référence à des orientations théoriques différentes, parfois même antagonistes. L'excellent article de Gilbert et Watts (1983) nous semble bien résumer la question et poser les problèmes didactiques qui en émergent.

2. Nous empruntons cette distinction à Albert Morf, in Larochelle & Désautels (1987).

3. Une attitude réflexive est nécessairement interrogative puisqu'elle porte sur les postulats et les présupposés qui orientent plus ou moins consciemment la pensée. En ce sens, elle se distingue de l'usage habituel du concept de métacognition qui renvoie plutôt aux procédures et stratégies cognitives utilisées généralement en contexte de résolution de problèmes.

4. Comme ce dernier aspect fait l'objet d'une thèse de doctorat en cours (Vasco Moretto), nous n'en traitons pas dans ce document.

5. Le concept de complexité que nous utilisons fait référence aux systèmes auto-organisateurs caractérisés, entre autres, par des processus récursifs qui assurent la production des produits et des processus qui sont nécessaires au maintien de leur organisation (voir aussi Segal, 1986; Maturana & Varela, 1987).

6. Nous empruntons l'expression à Jean Piaget qui, selon nous, a toujours maintenu qu'il avait élaboré une théorie du développement intellectuel et non pas une théorie d'apprentissage. Par ailleurs, il s'est également toujours opposé à l'idée selon laquelle le problème du développement des connaissances chez les individus ne relevait que de la mise en œuvre d'opérations logico-mathématiques, et ce, même chez les adultes, comme l'illustre l'extrait suivant:

   > «Après l'adolescence, quand les structures logiques fondamentales qui vont constituer les instruments de base de son développement cognitif ultérieur sont déjà développées, le sujet dispose, en plus de ces instruments, d'une conception du monde (Weltanschauung) qui conditionne son assimilation ultérieure de n'importe quelle expérience. (1983, p. 280)

7. Nous ne signifions pas qu'il y a un ensemble univoque de telles normes, ni qu'elles sont intemporelles et valables pour l'ensemble des sciences. De plus, nous ne pensons pas qu'il soit légitime d'utiliser les normes conçues pour et dans un domaine de connaissance en vue d'apprécier la valeur des connaissances dans d'autres domaines. Nous voulons plutôt mettre en évidence ici qu'en l'absence d'une réflexivité sur les fondements cognitifs des différents savoirs, on peut confondre les uns et les autres et interpréter le concept de chaleur des cours de science, par exemple, comme s'il s'agissait du même concept que celui de l'usage courant.

8. Nous tenons à souligner que le développement des systèmes complexes, dans le contexte d'interactions qui n'entraînent pas leur destruction et au sein duquel ils peuvent faire jouer leurs fonctions adaptatives, n'est pas prédictible au sens

classique du terme: on ne peut prévoir à partir de l'état A du système ce que sera son état B, étant donné les circonstances. Cette situation s'explique non pas en vertu du manque d'information sur l'état A, ce qui du reste est tout de même le cas quand il s'agit de l'histoire cognitive individuelle, mais plutôt à cause de l'indéterminisme caractéristique de ces systèmes qui sont par ailleurs sensibles aux conditions initiales, selon l'expression de Prigogine et Stengers (1988). En conséquence, on ne peut plus penser dans les termes d'une pédagogie mécaniciste qui prétend à prévoir les effets individuels et détaillés d'une stratégie pédagogique. Toutefois, cela ne signifie pas l'absence d'attentes quant aux patrons observables dans un groupe d'élèves, à partir desquels on peut apprécier la pertinence d'une stratégie pour éventuellement la modifier. Ainsi, une pédagogie qui prend en compte la complexité du développement intellectuel ne conduit pas à une pédagogie sans direction, mais plutôt à une pédagogie de l'orientation, pour reprendre l'expression de Fischer (1989), soucieuse de comprendre les démarches intellectuelles des élèves. Nous y reviendrons.

9. Nous empruntons le concept de jeu de la connaissance à Atlan (1986) qui en fait un développement beaucoup plus exhaustif.

10. Cela signifie précisément que les postulats et les règles du jeu peuvent être transformés par ceux et celles qui y participent, comme en témoigne, par exemple, l'histoire des sciences.

11. Selon nous, il est illégitime d'appliquer au sens commun, en tant que vision du monde, et à la connaissance commune, en tant qu'ensemble de savoirs discursifs et pratiques, les normes tirées d'une analyse épistémologique de la connaissance scientifique, sinon dans les termes d'une comparaison qui vise à préciser les différences et les ressemblances entre ces savoirs. Ainsi, on peut observer que la prédictibilité des phénomènes, habituellement associée au savoir scientifique, est aussi un critère épistémologique implicite du savoir commun dans ses visées pragmatiques. Par contre, on peut se demander si le critère de cohérence logique (inter et intra-théorique) s'applique également à la connaissance commune. Mais, en tout état de cause, cette opération de comparaison et d'analyse ne peut consister en une dévalorisation du sens commun, par exemple, au profit du savoir scientifique, l'un et l'autre étant mus par des intentions et des intérêts différents bien que partageant des plages communes: tous deux sont des savoirs construits qui procèdent de projets de connaissance à la fois collectifs et individuels. On peut certes remarquer que les phénomènes de la physique quantique sont difficilement compréhensibles dans les termes de l'expérience commune. Mais l'on se doit également de noter que la théâtralité de la vie quotidienne (Maffesoli, 1985; Goffman, 1974) ne peut être appréhendée dans les termes des «atomes crochus», sans les précautions d'usage que suppose une telle analogie.

12. Notons que cette évaluation ne peut être réduite à une sanction ni être envisagée dans les seuls termes de conduites précises. Comme le souligne Giddens (1987) dans un développement sur la reproduction des systèmes sociaux en rapport avec l'idée de règle, cette évaluation est également constitutive de sens, c'est-à-dire qu'elle exprime «quelque chose à propos de ce qui entre dans la constitution même» (Giddens, 1987, p. 69) du savoir (et du jeu) en cause. Enfin, comme la production du savoir scientifique est une pratique sociale, son accomplissement et sa reconnaissance, pour paraphraser Giddens (1987, p. 67), s'effectuent en conjonction avec d'autres ensembles de règles, de ressources et de croyances. Les travaux en histoire et en sociologie des sciences fourmillent d'informations sur le sujet qu'un Holton (1982), traitera dans les termes de facteurs scientifiques et extra-scientifiques alors qu'un Elkana (1987) mettra en évidence le rôle constitutif des images du savoir acceptées à une époque et dans un contexte donnés.

13. Les sources sur lesquelles nous nous sommes appuyées lors de la conception des outils de la stratégie sont nombreuses et variées et nous en présentons le détail dans le rapport de recherche. Toutefois, nous aimerions souligner l'apport des discussions que nous avons eues avec différents chercheur(e)s en didactique des sciences (G. Aikenhead, K. Khun et I. Mitchell) et des mathématiques (F. Arsac, P. Cobb et T. Wood), qui, de surcroît, nous ont fourni tous les documents qu'ils avaient élaborés dans l'esprit de nos préoccupations. Nous avons également emprunté aux travaux de D. Schon et de M. Lipman. Enfin, nous tenons à remercier la direction du Centre d'enseignement et de recherche en informatique Clément Lockquell qui nous a permis d'utiliser des extraits du guide pédagogique que nous avons rédigé (Désautels, Lauzon & Larochelle, 1987) et qui accompagne le logiciel l'Énigmatique.

14. Cette nuance est importante car, dans la perspective constructiviste, pas plus qu'il n'existe de problème a priori, il n'y a d'énigme en soi: il n'y a problème ou énigme que pour quelqu'un! C'est dire que l'un et l'autre procèdent d'un processus de définition, voire de théorisation, qui est redevable au sujet connaissant et à ses contingences. Il s'agit d'une opération intellectuelle ardue, peu familière aux étudiant(e)s, car il ne suffit pas d'exprimer un étonnement, lorsqu'une donnée contredit les attentes, pour conclure que cet étonnement est l'équivalent d'un problème ou d'une question de recherche. En effet, la position d'un problème doit permettre la continuation méthodique de son investigation et, dans les cas heureux, de sa résolution laquelle, inévitablement, soulève d'autres problèmes... pour quelqu'un.

OUVRAGES CITÉS

Astolfi, J.-P., Develay, M. (1989). *La didactique des sciences.* Paris: Presses Universitaires de France.

Atlan, H. (1986). *À tort et à raison. Intercritique de la science et du mythe.* Paris: Éd. du Seuil.

Bachelard, G. (1975). *La formation de l'esprit scientifique.* Paris: Éd. Vrin.

Bachelard, G. (1973). *La philosophie du non.* Paris: Presses Universitaires de France.

Balacheff, N. (1986). Cognitive versus situational analysis of problem-solving behaviors. *For the Learning of Mathematics*, Vol. 6, No. 3, 10-12.

Bateson, G. *Vers une écologie de l'esprit* (Tome 2). Paris: Éd. du Seuil, 1980.

Berger, P., Luckmann, T. (1986). *La construction sociale de la réalité.* Paris: Éd. Méridiens Klincksieck, coll. «Sociétés».

Benyamna, S. (1987). *La prégnance du modèle particulaire dans les représentations d'étudiants en science à l'égard de phénomènes naturels.* Thèse de doctorat non publiée, Université Laval.

Brousseau, G. (1981). Problèmes de didactique des décimaux. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Vol. 2, No. 1, 37-127.

Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood.* Cambridge (Mass.): The Massachusetts Institute of Technology.

Désautels, J., Anadon, M., Larochelle, M. (1988). *Le culte de la science. Les programmes d'enseignement des sciences en question.* Québec: Université Laval, Laboratoire de recherches sociologiques.

Désautels, J., Larochelle, M. (1989). *Qu'est-ce que le savoir scientifique? Points de vue d'adolescents et d'adolescentes.* Québec: Presses de l'Université Laval.

Désautels, J., Lauzon, B., Larochelle, M. (1987). *L'énigmatique, un logiciel pour l'enseignement des sciences.* Québec: Centre d'enseignement et de recherche en informatique Clément Lockquell.

Dillon, J. T. (9178). Using questions to depress student thought. *School Review*, Vol. 87, 50-63.

Elkana, Y. (1987). Alexandre Koyré: between the history of ideas and sociology of disembodied knowledge. *History and Technology*, Vol. 4, pp. 115-148.

Erickson, G., Driver, R. (1983). Theories-in-action: some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual framework in science. *Studies in Science Education*, No. 10, 37-60.

Geddis, A. N. (1988). *Using concepts from epistemology and sociology in teacher supervision. Science Education*, Vol. 72, No 1, 1-18.

Giddens, A. (1987). *La constitution de la société.* Paris: Presses Universitaires de France, coll. «Sociologies».

Gilbert, J.K., Watts, M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conception: changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, Vol. 10, pp. 61-98.

Glaser, B. G., Strauss, A. L. (1970). 'Discovery of substantive theory: a basic strategy underlying qualitative research'. In W. J. Filstead (Ed.), *Qualitative Methodology. Firsthand involvement with the social world.* Chicago: Rand McNally College Publishing Company.

Glasersfeld, E. V. (1986). *Knowledge from a constructivist point of view.* Paper presented at the Moscow Institute for Systems Studies, Moscow, October.

Goffman, E. (1974). *Les rites d'interaction.* Paris: Éd. de Minuit.

Hewson, P. (1982). A case study of conceptual change in special relativity: the influence of prior knowledge in learning. *European Journal of Science Education*, Vol. 4, No. 1, 61-78.

Hills, G.L.C. (1989). Students' «untutored» beliefs about natural phenomena: primitive science or commonsense? *Science Education*, Vol. 73, No. 2, 155-186.

Holton, G. (1982). *L'invention scientifique. Thémata et interprétation.* Paris: Presses Universitaires de France, coll. «Croisées».

Kitchener, K.S. (1983). Cognition, metacognition and epistemic cognition. A three-level model of cognitive processing. *Human Development*, No. 26, 222-232.

Larochelle, M. (1984). *La pertinence et la faisabilité de la transmission d'une grille biopédagogique*. Thèse de doctorat non publiée, Université Laval.

Larochelle, M., Désautels, J. (1990) (à paraître). *La problématique du changement conceptuel dans l'apprentissage des sciences: théories et pratiques*. Rapport de recherche, Ottawa: Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.

Larochelle, M., Désautels, J. (1989). *«Of course, it's just obvious!» Adolescents'ideas of scientific Knowledge*. A paper presented at the First International Conference of the History and Philosophy of Science in Science Teaching; Florida State University, Tallahassee; November.

Linn, M.C. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *Journal of Rese. ch in Science Teaching*, Vol. 24, No. 3, 191-216.

Maffesoli, M. (1985). *La connaissance ordinaire. Précis de sociologie compréhensive*. Paris: Librairie des Méridiens, coll. «Sociétés».

Maturana, H., Varela, F.J. (1987). *The tree of knowledge. The biological roots of human understanding*. Boston: New Science Library.

Merchant, C. (1983). *The death of nature*. New-York: Harper and Row.

Métioui, A. (1987). *Les représentations des enseignant(e)s du secondaire et du collégial à l'égard des théories atomiques*. Thèse de doctorat non publiée, Université Laval.

Morf, A. (1987). 'Postface'. In M. Larochelle & J. Désautels, *Qu'est-ce qu'une connaissance dite scientifique? Les modèles spontanés d'adolescent(e)s*. Montréal: Université du Québec à Montréal, Cahiers du C.I.R.A.D.E., No 24.

Morf, A. (1985). L'enseignement fait-il avancer les sciences? *Conjonctures et politique*, No 7, 131-140.

Morin, E. (1986). *La méthode. 3. La connaissance de la connaissance*. Paris: Éd. du Seuil.

Nadeau, R., Désautels, J. *Épistémologie et didactique des sciences*. Ottawa: Conseil des sciences du Canada, coll. «Exposé à débattre».

Piaget, J., Garcia, R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris: Éd. Flammarion.

Prigogine, I., Stengers, I. (1988). *Entre le temps et l'éternité*. Paris: Éd. Fayard.

Resnick, L. (1989). 'Convictions ontologiques dans l'apprentissage de la physique'. In N. Bednarz & C. Garnier (sous la direction de), *Construction des savoirs. Obstacles & conflits*. Montréal: C.I.R.A.D.E. & Agence d'Arc Inc.

Ruel, F. (1990) (à paraître). *Représentations d'adolescent(e)s à propos de mouvements simples*. Rapport de recherche, Québec: Université Laval, Département de didactique.

Russell, T. (1983). Analyzing arguments in science classroom discourse: can teachers' questions distort scientific authority?. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 20, No. 1, 27-45.

Segal, L. (1986). *The dream of reality. Heinz von Foerster's constructivism*. New-York, London: Norton.

Stengers, I. (1986). 'L'histoire des sciences et comment servir', in *Sens et place des connaissances dans la société*. Paris: Éd. du Centre National de la Recherche Scientifique.

Strike, K.A., Posner, G.J. (1982). Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*, Vol. 4, No. 3, 231-240.

Strike, K.A., Posner, G.J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L.H. West & L.A. Pines (eds), *Cognitive structure and conceptual change*. New-York: Academic Press Inc.

The Author Groupe Inc. (1987). *Science, Technology, Society, Communication, Chemistry (3 vols.), Teachers' edition*. Edmonton: Karitann Publishers.

Viennot, L. (1989) 'Obstacle épistémologique et raisonnement en physique: tendance au contournement des conflits chez les enseignants'. In N. Bednarz & C. C. Garnier (sous la direction de), *Construction des savoirs. Obstacles & conflits.* Montréal: C.I.R.A.D.E. & Agence d'Arc Inc.
Watson, J. *La double hélice.* Paris: Éd. Robert Laffont, 1984.
West, L.H., Pines, L.A. (eds) (1985). *Cognitive structure and conceptual change.* New-York: Academic Press Inc., 1985.
Ziman, J. (1980). *Teaching and learning about science and society.* Cambridge (Eng.): Cambridge University Press.

La diffusion des savoirs scientifiques: un survol du domaine

par Michael Huberman
Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation
Université de Genève, Suisse

Séminaire sur la Représentation
12 avril 1990 - n° 48

CIRADE, UQAM, juin 1990

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR.

INTRODUCTION: LES DEUX PLANÈTES, LA RECHERCHE ET LA PRATIQUE

Le fossé entre l'univers de la recherche scientifique et celui de la pratique éducative a toujours passionné les esprits. Dans la plupart des cas, nous constatons ce phénomène à travers les litanies d'une communauté à l'égard de l'autre. Ainsi, d'un côté la communauté des chercheurs met souvent en évidence sa rationalité, son objectivité, son ouverture à des nouvelles idées, et son dévouement à la découverte des principes de la pratique éducationnelle. Cependant dans ce milieu, on regrette que les enseignants ou cadres soient un peu trop partisans, trop pressés, trop indifférents aux exigences de la rigueur scientifique, trop irresponsables dans la poursuite de solutions rapides et simples appliquées à des problèmes ardus et complexes.

De l'autre côté du débat, la communauté de la pratique se plait à se définir comme pragmatique, responsable et bien informée sur le fonctionnement de son environnement. Néanmoins les praticiens regrettent d'être trop peu aidés par des chercheurs qualifiés de naïfs, bourrés de jargon, maladivement attirés par les sujets ésotériques, et irresponsables face aux problèmes éducationnels aigus et urgents.

En somme, bien des problèmes seraient résolus si le partenaire d'en face dépassait le stade actuel de sa fixation. Ainsi, les chercheurs souhaiteraient des collaborateurs praticiens plus méditatifs; les enseignants et cadres rêveraient de chercheurs moins «compliqués». Ceci rappelle l'anecdote concernant la réaction du Président américain Truman lors d'une réunion d'économistes venus le conseiller sur la politique à suivre. Chaque spécialiste concluait son intervention par: «D'un côté, M. le Président, les avantages seraient... mais de l'autre côté...» En anglais, l'expression est la suivante: «D'une main, M. Le Président... mais de l'autre main...» Truman, levant le bras en signe de désespoir, s'écria, «Mon Dieu! Que l'on me trouve vite un économiste manchot»!

Il est peu probable que les problèmes cités précédemment puissent être résolus par le personnel manchot de centres de recherche! En effet, la situation est plus complexe. Autrement dit, si praticiens et chercheurs en sciences humaines habitent deux univers séparés, de solides raisons structurelles et fonctionnelles doivent en être les causes.

Fonctionnellement, la dichotomie «praticien» - «scientifique» en sciences humaines revient souvent à une distinction entre l'individu qui examine un cas particulier afin d'y intervenir et l'individu qui s'intéresse aux cas particuliers afin de confirmer ou d'infirmer les relations postulées entre ces cas. En simplifiant, l'on viserait le «comment», l'autre le «pourquoi»; l'un produirait des réponses appropriées à des situations concrètes, l'autre produirait des principes généraux applicables à une

variété de situations particulières. L'un essaierait de façonner l'univers social de façon à ce qu'il corresponde à ses intentions, l'autre essaierait de «modeler» ce même univers afin d'en prédire son fonctionnement futur. Comment alors combler ce fossé culturel et fonctionnel?

De façon générale, il est utile de relever le fait que la relation théorie-pratique, aussi discuté et prioritaire qu'elle paraisse, est rarement un objet d'étude scientifique. On en parle, tant autour de tables que lors de colloques et assemblées, en proférant des affirmations dont la base empirique est douteuse mais qui correspondent surtout aux stéréotypes d'usage et aux expériences personnelles de l'orateur. Ainsi, Cimponeriu (1984) a fait une analyse de la littérature en langue française extrêmement riche sur ce sujet sans trouver une seule étude *empirique*, c'est-à-dire, une étude approfondissant un ou plusieurs aspects de la relation théorie-pratique par le biais d'une saisie systématique de données.

LE DOMAINE DE LA D & U (DISSÉMINATION ET UTILISATION DES CONNAISSANCES)

Conceptuellement, la relation entre théorie et pratique peut être abordée de plusieurs manières. Les travaux de *l'épistémologie des sciences*, qui portent sur l'élaboration des cadres théoriques au sein de la communauté scientifique rendent bien compte de la genèse des cadres de référence qui, progressivement, s'acheminent vers la pratique. *La sociologie de la connaissance* décrit clairement les mécanismes en jeu pour que certaines théories, explications ou instruments d'analyse soient considérés comme «valides» ou «légitimes» aux dépens d'autres cadres de référence dont la validité scientifique et la pertinence pratique sont tout aussi fondées. *Les théories de l'influence sociale* rendent explicite le rôle joué par les spécialistes et les experts pour changer des représentations des groupes ou des individus. De même, les *travaux en psychologie cognitive*, qui explorent les mécanismes d'apprentissage, de transfert, de repérage et de traitement des informations, précisent les conditions dans lesquelles de nouvelles données sont assimilées ou élaborées de nouveau par l'individu. Enfin, *les théories de la communication* tracent la trajectoire des messages – dont les messages de nature scientifique – depuis leur source, à travers divers canaux de transmission, jusqu'à l'univers des publics visés.

Ce sont notamment ces derniers travaux qui ont exercé une influence durable sur la problématique recherche-pratique, problématique que nous approfondirons par la suite. L'éclairage principal fourni par cette ligne de recherche est celui de la «diffusion sociale» des connaissances, selon laquelle la production scientifique s'achemine très progressivement à travers les institutions et les structures informelles, pour finir, dans

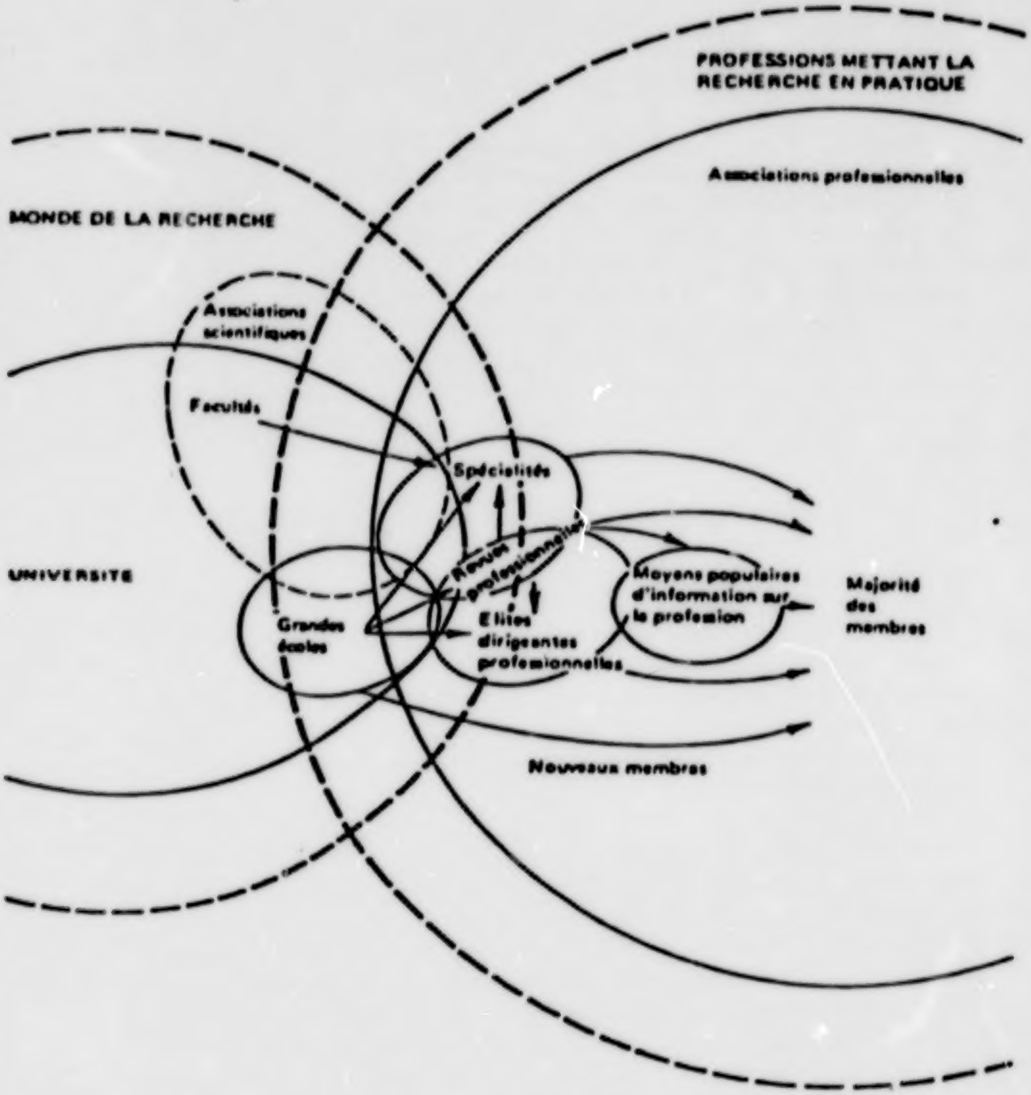
une forme relativement diffuse, chez les praticiens. C'est ainsi que les résultats de la recherche auraient toujours une influence lente et indirecte, s'insinuant chez les cadres et les praticiens en mêlant résultats et d'autres sources d'information de nature non scientifique (cf. Weiss et Bucuvalas, 1980).

La figure 1 (page suivante) illustre ce processus de diffusion sociale entre le monde de la recherche et les professions mettant la recherche en pratique. Ce graphique montre que les connaissances scientifiques sont «produites» dans un cadre universitaire et transmises par le truchement d'institutions d'enseignement (facultés, écoles), d'associations scientifiques et professionnelles, de moyens d'information (revues scientifiques et techniques) et de personnes-clés (dirigeants, conseillers techniques). À partir de ces éléments, il serait facile de suivre, par exemple, le cheminement des recherches récentes relatives à l'apprentissage, qui sont produites dans un centre de recherche, traduites en démarches d'évaluation «formative» par un groupe de spécialistes et transmises progressivement par le truchement de cours, d'articles et d'outils de référence au sein des systèmes scolaires.

Cette figure met également en évidence un facteur-clé dans la diffusion des connaissances: *l'importance de personnes qui appartiennent à deux unités ou deux groupes sociaux*. Par exemple, le spécialiste qui suit de près les recherches universitaires aurait également une insertion, comme formateur ou conseiller technique, au sein d'un système scolaire. En ayant un pied dans ces deux univers, cette personne pourrait ainsi accélérer le cheminement d'un travail de recherche vers une unité opérationnelle, alors que, sous cette double appartenance, un tel cheminement ne s'effectuerait que très lentement, voire pas du tout. D'où l'importance des *mécanismes de liaison* entre chercheurs et praticiens, que ce soit sous forme institutionnalisée ou par l'intermédiaire d'un individu.

En principe, la présence de plusieurs cadres de référence, tels que ceux notés ci-dessus, aide à rendre compte plus précisément du passage de données plus conceptuelles vers des univers opérationnels. Notons, toutefois, qu'aucun de ces cadres ne s'adresse *spécifiquement* à cette démarche. Lorsque nous étudions, par exemple, le passage de résultats de la recherche scientifique vers les entreprises et les écoles, nous sommes obligés d'emprunter, sélectivement et indirectement, des concepts et des outils dérivés de cadres de référence plus généraux. Il existe, toutefois, un domaine d'étude qui s'adresse directement à la problématique théorie-pratique telle que nous l'avons posée ici. Il s'agit du domaine dit «de dissémination et d'utilisation des connaissances» (D & U), un champ d'études développé dans la période 1930-1950, d'abord en Allemagne et ensuite aux USA, par K. Lewin et P. Lazarsfeld. Alors que les disciples de Lewin ont porté la D & U

Figure 1. Jonction de la recherche et de la pratique



Source : M. Huberman (1973)

Structures formelles

Structures informelles

plutôt dans la direction de la recherche-action, ceux de Lazarsfeld ont repris le cheminement classique des produits de la recherche vers les univers des praticiens, en essayant d'identifier les facteurs susceptibles d'accélérer le processus de transfert. Progressivement, les recherches empiriques dans le domaine de la D & U se sont accumulées, donnant lieu à des synthèses dont quelques-unes sont devenues des ouvrages de référence dans le domaine (par exemple, Havelock, 1969; Rogers et Shoemaker, 1971; Glaser et al., 1983).

Comme la perspective D & U sera adoptée par la suite dans cet ouvrage-ci, essayons de la présenter dans sa forme la plus simple. La figure 2 (page suivante) en contient les éléments essentiels.

Très schématiquement, nous avons affaire ici à deux «systèmes», l'un, «producteur et diffuseur» de connaissances, notamment de celles dérivées de la recherche scientifique, et l'autre, «utilisateur», supposé mettre en oeuvre ces connaissances. Dans le cheminement classique, le système diffuseur conduit ses propres recherches ou intègre des recherches conduites ailleurs, et ensuite les transfère sous forme écrite ou verbale à l'utilisateur. Il s'agit alors du cadre classique, selon lequel un centre de recherches produit et communique de nouvelles connaissances à l'intention à la fois de ses pairs et des non-spécialistes.

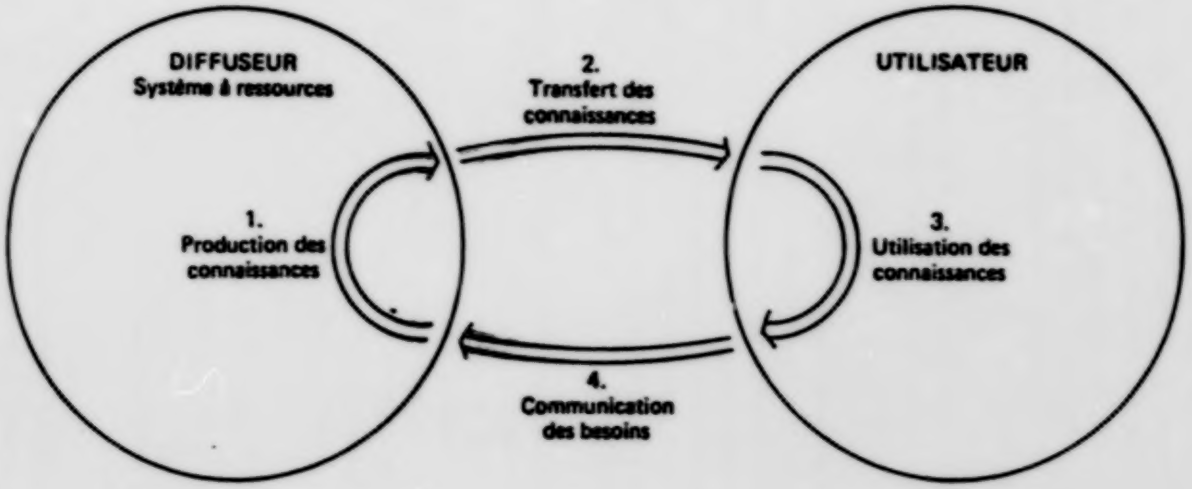
Même sous cette forme simplifiée de cheminement (soit 1 → 2 → 3 sur la figure), plusieurs questions se posent. Par exemple, quelle est la nature des connaissances produites dans l'institution de recherche? D'où viennent ces données? Qui assure le transfert et sous quelle forme? Les connaissances scientifiques produites de cette manière peuvent-elles être transférées en dehors de la communauté scientifique, par exemple, aux univers de praticiens? Pourquoi le système de l'utilisateur serait-il nécessairement intéressé par ces connaissances-là? L'utilisateur ne produit-il pas également des connaissances, même si celles-ci n'ont pas de légitimité scientifique? Qui assure le lien entre les systèmes diffuseur et utilisateur, pour que de tels transferts aient simplement lieu?

Ainsi, la schématisation des acteurs et des éléments en jeu (voir figure 2) ne nous informent pas sur les mécanismes qui régissent leurs interactions. L'observation laisse apparaître que si «l'utilisateur» n'est pas un scientifique, le processus de transfert se complique.

Considérons également l'autre cheminement (soit 4 → 1 → 2 → 3), qui change qualitativement la configuration. Si nous supposons que l'utilisateur soit une entreprise

Figure 2

SCHEMA DE LIAISON ENTRE UTILISATEUR ET FOURNISSEUR
DES RESSOURCES PROFESSIONNELLES



ou un système scolaire, nous pouvons imaginer que celui-ci fasse état de ses priorités, de ses problèmes, de ses besoins à l'institut de recherche, et que, par la suite, cet institut les prenne en compte lors de la série suivante de recherches entreprises. Soit les chercheurs se centrent spécifiquement sur les problèmes posés par les utilisateurs, soit ils en intègrent quelques composantes dans une étude plus générale. Dès ce moment, ce sont ces composantes-là qui font logiquement l'objet du transfert des connaissances et, à fortiori, qui pénétreront dans l'univers des utilisateurs.

Autrement dit, le diffuseur se met, en quelque sorte, au service de l'utilisateur, qui, de son côté, investit davantage dans ses rapports avec l'unité de recherche. Certains spécialistes dans le domaine de la D & U parlent alors d'un «dialogue» entre spécialiste et praticien (Havelock, 1969, *op. cit.*), dans lequel l'unité de recherche, en maîtrisant progressivement mieux le contexte et les besoins des utilisateurs, fournit des données plus pertinentes et plus utiles. De leur côté également, les utilisateurs maîtrisent progressivement mieux les procédés scientifiques et incorporent plus rapidement, plus durablement dans leur unité les résultats des recherches.

Sans trop banaliser le processus, on peut dire que le débat fondamental autour du lien entre la recherche et la pratique est bien illustré dans cette figure simplifiée. Nous le retrouverons, du reste, tout au long de cet ouvrage-ci.

D'un côté, ceux qui s'incrivent dans le cheminement supérieur de la figure (1 → 2 → 3), tiennent à maintenir une division du travail selon laquelle l'unité de recherche conduit à la fois des recherches fondamentales et appliquées mais le fait surtout dans un but de maîtrise conceptuelle et d'élaboration d'outils. En dehors des activités d'enseignement conduites par les chercheurs, cette unité cède aux intermédiaires et aux praticiens l'initiative d'adapter ces connaissances et ces instruments au contexte local.

De l'autre côté, ceux qui opèrent selon la logique illustrée par le cheminement inférieur de la figure (4 → 1 → 2 → 3), adoptent une ligne se rapprochant de la recherche-action, en mobilisant les compétences scientifiques au sein de l'unité de recherche pour répondre à des problèmes locaux. Une variante de cette position – celle prônée surtout par les praticiens – est que l'unité de recherche devrait fonctionner *uniquement* ou *essentiellement* selon ce mode. L'autre variante – prônée surtout par les chercheurs – est que seule une partie des recherches devrait être orientée vers la pratique; sinon, les connaissances de base qui nourrissent les recherches appliquées deviendront rapidement caduques. Dans cette variante-ci, toute la séquence présentée par la figure 2 s'opère. Ce sont tant les connaissances conceptuelles de base que les connaissances de

portée pratique qui sont produites et transférées aux utilisateurs. Ceux-ci formulent ensuite des besoins spécifiques qui sont pris en compte lors de la série d'études suivantes, plus fortement appliquées. Un autre présupposé dans cette deuxième variante est que la nature des besoins communiqués du terrain à l'unité de recherche peut *aussi* déterminer les problématiques conceptuelles traitées par la suite. Autrement dit, la confrontation avec le terrain peut déclencher une reconceptualisation, qui sera poursuivie dans la série suivante de recherches fondamentales.

EXAMEN D'UN CAS PRÉCIS: LA RECHERCHE SUISSE «EVA»

Sur le plan national, la Suisse a consenti un effort considérable à l'organisation et au financement de programmes de recherche appliquée: 31 programmes nationaux de recherche (ci-après, PNR), chacun comportant entre 20 et 40 projets scientifiques, pour un budget global d'environ 250 millions de dollars canadiens.

Par ailleurs, il suffit de consulter la liste des publications, des séminaires, des journées d'étude, de nouveaux produits, etc. pour se faire une idée de la fécondité de ces programmes. Sur le plan qualitatif, toutefois, les données sont moins précises. Surtout, jusqu'ici, il a manqué une étude empirique rigoureuse de l'apport effectif des programmes nationaux, notamment au sein de la communauté non scientifique. En effet, on est en droit de se demander si, dans un programme orienté vers certains champs d'application, il y a eu des retombées concrètes et mesurables qui vont au-delà des chercheurs.

L'objectif de l'étude dont il sera question ici a été de fournir une première réponse à cette question, en particulier à travers *l'examen des retombées du PNR consacré à l'orientation et à la formation professionnelles*. Ce programme, «Éducation et Vie Active» (EVA), a consenti un investissement important en temps, argent et énergie pour la dissémination des résultats des recherches entreprises, notamment à l'extérieur de la communauté scientifique.

Pour mieux cadrer la problématique de cette étude, voici la question principale de recherche: *Dans quelles conditions les tentatives de dissémination des résultats des recherches, telles que celles conduites dans le Programme EVA, peuvent-elles mener à une «utilisation» effective, notamment de la part de non-chercheurs?*

Pour traiter de cette question, un échantillon a été constitué de la quasi-totalité de projets «importants» du programme EVA (budget supérieur à $175 000) comportant une activité de dissémination. Méthodologiquement, il s'est agi d'une enquête de nature

«investigative»; le chercheur suit les «traces» laissées par le projet auprès des différents publics-cibles identifiés par le requérant, surtout par le truchement d'entretiens et d'observations multiples, ainsi qu'à travers l'analyse de documents pertinents. Dans notre enquête, 23 publics-cibles ont été étudiés, en particulier les services d'orientation professionnelle, les centres de formation, les entreprises et les écoles techniques.

Au niveau du contenu, ces projets de recherche sont très divers. Certains traitent des maîtres d'apprentissage, d'autres de la personnalité ou de styles d'apprentissage des apprentis, d'autres encore des caractéristiques des entreprises et des institutions de formation.

QUELQUES PROPOSITIONS

Au terme de quelque 200 entretiens et observations, et d'une analyse à la fois qualitative et statistique, nous sommes en mesure de répondre à notre question générale de recherche, ainsi qu'à un foisonnement de sous-questions. Ces réponses sont fournies dans une série de rapports, petits et grands, dont la liste se trouve en annexe.

Au terme de ces rapports, nous avons élaboré plusieurs recommandations concrètes. De même, nous avons essayé de condenser nos conclusions principales dans une forme économique, en émettant une série de «thèses» ou de «propositions». Parcourons un échantillon de ces thèses, assorties d'un petit commentaire pour chacune. Dans cet article-ci, nous passerons en revue quelques propositions ayant trait au contexte dans lequel opèrent les chercheurs et les praticiens, ainsi qu'aux liens établis, tant en cours de recherche et qu'à son terme, entre eux.

Pour lancer la balle, voici une proposition qui illustre bien les difficultés de satisfaire à la fois aux besoins des chercheurs et des praticiens:

Si un programme de recherche ne clarifie pas le sens précis donné au sens du terme «recherche appliquée», il se confrontera aux différences, voire aux contradictions entre les attentes des chercheurs et celles des utilisateurs éventuels, surtout de la part de personnes en dehors de la communauté scientifique. Alors que ces «praticiens» s'attendent à des recherches focalisées sur leurs besoins, les chercheurs s'intéressent à une problématique orientée globalement vers un champ d'action.

En effet, le programme EVA n'a pas clarifié au début le sens du terme «recherche appliquée» et les attentes initiales des chercheurs et des praticiens ont été différentes. Pour ces derniers, la chose était évidente: «nous ferons état aux chercheurs de nos

problèmes et de nos besoins, et ceux-ci chercheront des solutions». De leur côté, les chercheurs ont entendu ceci: «il manque une base conceptuelle claire, ainsi que de données fiables, dans le domaine de la formation professionnelle. Nous allons combler cette lacune». On voit tout de suite que le point de vue de chaque parti est légitime, mais que les enjeux respectifs sont très différents.

Ce n'est que par la suite, lorsque le Programme EVA s'est réellement intéressé à la dissémination des résultats aux praticiens, que l'on a cherché le joint entre les besoins des praticiens et les objets de recherche déjà en cours d'étude.

Pour quelques projets, c'était déjà trop tard. Sans avoir cerné au départ les intérêts des publics-cibles, sans avoir l'appui des cadres de ces institutions, ces chercheurs ont été mis dans le rôle inconfortable de «vendeurs» de leurs recherches – rôle que plusieurs récusaient avec passion. D'où nos recommandations:

- Du côté des responsables des programmes de recherche, il est indispensable d'élaborer dès le début un concept explicite de dissémination, en avertissant les requérants intéressés que leur concours implique un engagement à ce concept.

- On peut parfaitement envisager deux séries de projets. Une série serait consacrée aux problématiques appliquées mais n'impliquerait pas nécessairement une réponse directe aux besoins exprimés par les praticiens. Cette série permettra l'accumulation des connaissances et d'outils pouvant servir de soubassement aux travaux orientées davantage vers une utilisation dans des contextes précis. Sans ce volet plus «fondamental», en effet, les travaux plus appliqués n'auront aucune base solide permettant d'interpréter les données recueillies. Ces travaux «mis en contexte» constitueraient l'essentiel de la deuxième série de projets, projets élaborés suite à l'articulation des besoins de la part des publics opérant sur le terrain de la formation professionnelle.

Voici une seconde proposition:

Toutes les études, quelle que soit leur problématique, présentent un intérêt virtuel pour les praticiens. Toutefois, les études de cas, à base de données qualitatives «saisissantes», sont plus faciles à disséminer que les études fortement conceptuelles et/ou statistiques. Celles-ci exigent un travail important de transformation pour être rendues intelligibles aux non-spécialistes – travail que les chercheurs hésiteront à entreprendre spontanément.

En effet, nous avons pu voir que toute recherche EVA, aussi conceptuelle soit-elle, intéresse un public de non-chercheurs. Le tout dépend des efforts des chercheurs de rendre leur recherche «abordable» aux non-spécialistes. Les recherches jugées parmi les *plus* abstraites du programme EVA ont pu être transmises valablement, par le truchement des versions «popularisées», assorties de séminaires ou de contacts personnels, à un public important de praticiens et, chez plusieurs, ont laissé des traces. Il est vrai, toutefois, que les recherches contenant des données qualitatives (extraites de témoignages, d'entretiens, d'observations conduites sur le terrain, de séquences vidéo, etc.) ont été plus facilement compréhensibles, plus concrètes pour des non-chercheurs, et que la transposition de données quantitatives ou d'analyses conceptuelles en données plus qualitatives a été fastidieuse.

Prenons maintenant une proposition qui touche les utilisateurs:

La présence d'unités liées horizontalement et verticalement, disposant de canaux internes d'information et utilisant la formation continue comme voie de réception de nouvelles données, constitue la meilleure «structure d'accueil» pour la dissémination des recherches scientifiques.

C'est peut-être une formulation un peu compliquée. L'idée, toutefois, est simple: la recherche la plus intéressante, la plus pertinente, la plus porteuse de réponses à des questions pratiques et prioritaires, n'arrive pas à pénétrer dans les institutions qui manquent une structure minimale de «repérage» et de communication interne. Dans notre étude, les unités qui n'avaient pas de mécanismes pour «surveiller» l'environnement externe pour des idées ou des outils intéressants, qui n'avaient pas de canaux internes pour les faire connaître, qui n'avaient pas de «lieu» pour échanger, approfondir, examiner les incidences pratiques de ces apports externes, etc., ont passé à côté de ces apports, alors que les centres, les entreprises ou les services ayant ces mécanismes ont pu en profiter et, selon nos données, ont modifié par la suite certains dispositifs locaux (d'encadrement des apprentis, de batteries d'orientation, de cours de formation, etc.).

LIENS ENTRE CHERCHEURS ET PRATICIENS

Passons en revue plus rapidement quelques-unes de nos «thèses» pricipales à ce sujet. En voici la première:

À moins d'investir fortement un groupe d'accompagnement (consultation régulière, traduction des données en termes «laïques», planification en commun de la dissémination, accompagnement des membres du groupe qui interviennent auprès des praticiens), un tel groupe est plutôt une entrave qu'une aide.

En effet, au sein de plusieurs projets ont été mis sur pied des «groupes d'accompagnement», composés surtout de praticiens: formateurs, chefs des services d'orientation, responsables du personnel dans une entreprise, etc. Simplement, ces groupes ont eu surtout une fonction «décorative» ou «symbolique», car on y a sous-investi systématiquement, tant du côté des praticiens et du côté des chercheurs.

Si les chercheurs n'accompagnent pas les médiateurs au terme de la recherche, ceux-ci désinvestiront rapidement leur tâche de «colporter» la recherche chez eux ou ailleurs.

En effet, nos données montrent clairement que laisser comme «orphelines» les personnes venant de l'univers de la pratique et qui essaient de faire saisir leurs institutions - ou d'autres - des résultats d'une recherche scientifique, est une invitation au découragement de ces «intermédiaires», voire même à la distortion de la recherche. En revanche, la présence de liens *au cours de la recherche* (discussion des données et de leur signification, contacts interpersonnels, préparation de la dissémination au vu des données pouvant intéresser différents publics-cibles) a été décisives en renforçant l'effort de dissémination tant chez les chercheurs que chez les utilisateurs. L'engagement des chercheurs a mené au «cadrage» des résultats de l'étude dans le contexte des utilisateurs. En outre, cet engagement a intensifié celui des utilisateurs à donner suite au sein de leurs propres institutions et ailleurs.

Pour qu'une recherche pénètre dans l'univers de travail des praticiens ayant peu d'expérience préalable de la recherche scientifique, ***l'intensité des liens informels*** *(contacts avant, pendant, après les rencontres formelles) est cruciale. Ces liens «apprivoiseront» des publics qui ont tendance à se méfier d'études scientifiques à leur sujet.*

Ce terme «apprivoisement» est parlant. Dans le cadre de la formation professionnelle, la recherche scientifique constitue une certaine nouveauté, et elle n'est pas toujours la bienvenue. Après tout, on s'est très débrouillé jusqu'ici sans elle... Qu'est-ce qu'elle ajoute à ce que nous savons déjà, par le truchement d'expériences réfléchies et du bon sens? Ce n'est que progressivement, et surtout en marge des rencontres «formelles», que les praticiens ont vu l'intérêt réel ou virtuel d'une «fréquentation» du monde la recherche - ont vu que certains concepts-clés, certains outils, certaines

approches constituaient un apport réel et que ces chercheurs, comme l'un l'a dit, «avaient plus de choses intéressantes à dire que je ne l'aurais cru». À bien entendre les propos des chercheurs qui ont maintenu ces liens tout au long du projet de recherche, c'est réciproque. Ce qui mène à la proposition suivante:

Un chercheur qui fait état des résultats de sa recherche aux utilisateurs et les approfondit avec ces derniers, dépasse rapidement le cadre de sa recherche. Il transmet ainsi beaucoup plus de ce qu'il sait du sujet, notamment par rapport au contexte d'utilisation, ce qui mène à des interactions plus denses et plus pertinentes.

Au vu des résultats, on pourrait même dire qu'à moyen terme, l'intensification des liens entre chercheurs et praticiens à travers le Programme EVA a été plus enrichissante que les effets «ponctuels» de la recherche, en donnant lieu à *plusieurs* types de collaboration durable entre *plusieurs* personnes des deux côtés. Dans plus de la moitié des cas, et surtout dans les cas où les liens ont été établis tôt dans la vie du projet de recherche et ont été maintenus avec une certaine régularité, chercheurs et praticiens ont continué leurs contacts au delà du Programme EVA, par rapport à des projets de formation, de conseil, de restructuration et d'introduction de nouveaux outils. En définitive, c'est la densité de ces contacts qui déterminera le niveau de collaboration ultérieure, au moment où un programme de recherche aura, depuis longtemps, disparu de la scène.

CONCLUSION

Le domaine de D & U constitue une sorte de «technologie douce» pour acheminer les savoirs scientifiques vers les publics de non-chercheurs ou non-spécialistes. Il prétend ainsi que le fossé entre unités de recherche et institutions scolaires peut être comblé, sans pour autant compromettre la qualité scientifique d'une recherche ni obliger les chercheurs à consentir un investissement énorme. Il y a, toutefois, des contraintes et des exigences. Réussir la dissémination d'une recherche - parvenir aux effets «forts» tant sur le plan conceptuel que dans les conduites des personnes visées - implique une planification à l'avance (budgeter du temps et des ressources, identifier les publics-cibles avant la saisie des données). Il implique des contacts en cours de recherche, afin que les futurs «utilisateurs» puissent déjà commencer à s'approprier la problématique et la portée de l'étude. Il implique en outre, une fois l'étude achevée, les modes de dissémination variés (canaux écrits et oraux, contacts interpersonnels, poursuite des contacts dans une certaine durée, intégration des résultats de la recherche dans le contexte). C'est un effort que l'on fait surtout pour les publics-cibles privilégiés de la

recherche en question, mais c'est tout de même un effort conséquent.

Ce qui est intriguant, c'est que cet effort s'avère payant non seulement sur le plan pratique mais également sur le plan conceptuel. En effet, les données de notre recherche indiquent assez clairement que, du côté des chercheurs, le fait de devoir communiquer les résultats de sa recherche dans un lagage plus commun, de devoir contextualiser les données en fonction des particularités des interlocuteurs, de devoir enfin enraciner les outils conceptuels dans un terrain d'application dont les «habitants (praticiens expérimentés) peuvent résister, complexifier, qualifier, mettre en questions ces cadres conceptuels – ces faits tirent à conséquence. Comme dans un processus classique de décentration lorsque les attentes initiales sont violées, les interactions intensives praticien-chercheur aboutissent dans plusieurs cas à une réorganisation des schèmes conceptuels du *chercheur*. En effet, amener son objet de recherche sur le terrain – en particulier sur une variété de terrains qui «répondent», qui résistent, qui brandissent des contre-exemples – amènerait une progression conceptuelle plus rapide, par exemple, que ne le ferait une seconde étude destinée à approfondir les conclusions de la première (Huberman, 1990). Il est intéressant de noter que, dans l'étude EVA, ce phénomène était plus notable chez les requérants principaux qui, jusqu'ici, avaient fait le moins de diffusion de leurs recherches aux praticiens.

Si, en définitive, le travail sur le terrain autour d'une problématique de recherche est payant sur le plan conceptuel, nous dépassons du coup le fossé théorie-pratique tel qu'une partie de la communauté de recherche le représente. Dès lors, la confrontation de la recherche à la pratique devient une voie royale au reforcement des cadres théoriques et non plus un fardeau ou un devoir social ou un geste d'activisme. Si, en plus, les interactions entre chercheurs et praticiens mènent aux liens fonctionnels plus denses entre eux, nous pourrons envisager en même temps une présence beaucoup plus constante des composantes conceptuelles dans les lieux d'application, dans les écoles et les conseils, où les praticiens interprètent et réfléchissent sur le sens de leurs interventions didactiques.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE

L'étude de la dissémination des résultats du Programme national de recherche «Éducation et vie active» a été publiée en 3 volumes:

Vol. 1. Huberman, M., Gather Thurler, M. et Nufer, E., *La mise en pratique des recherches scientifiques. Rapport technique*. Genève, Faculté de Psychologie et des sciences de l'éducation, Université de Genève, 1989, 352 p. + annexes.

Vol. 2. Huberman, M. et Gather Thurler, M., *La mise en pratique des recherches scientifiques. Rapport de synthèse*. Genève, Faculté de Psychologie et des sciences de l'éducation, 1989, 104 p. + annexes.

Vol. 3. Huberman, M. et Gather Thurler, M., *La mise en pratique des recherches scientifiques. Rapport exécutif*. Genève, Faculté de Psychologie et des sciences de l'éducation, 1989, 47 p.

Un ouvrage plus général, résumant l'ensemble de ces documents et contenant en outre un «mode d'emploi» pour la mise en pratique des recherches scientifiques, est en préparation: M. Huberman et M. Gather Thurler, *Diffuser les savoirs scientifiques: éléments de base et mode d'emploi*. Berne: P. Lang, à paraître en 1991.

RÉFÉRENCES

Cimponeriu, P. (1984). Types d'utilisation de la recherche éducationnelle: une analyse de la littérature en langue française. *Éducation et Recherche* (Suisse), *6*, 1: 591-622.

Glaser, E., et al. (1983). *Putting knowledge to use*. San Francisco, CA.: Jossey-Bass.

Havelock, R. (1969). *Planning for innovation through the dissemination and utilization of knowledge*. Ann Arbor, Mich: ISC, CRUSK.

Huberman, M. (1973). *Comment s'opèrent les changements en éducation*. Paris/Genève: UNESCO/BIE.

Huberman, M. (1990). La dissémination des recherches scientifiques aux non-chercheurs: quelques surprises. *Éducation et Recherche* (Suisse), *12*, 2 (sous presse).

Rogers, E., et Shoemaker, F. (1971). *The communication of innovations*. New York: Free Press.

Weiss, C., et Bucuvalas, M. (1980). *Social science research and decision-making*. New York: Columbia University Press.

Quelques idées sur la méthodologie de la recherche en didactique des mathématiques liée à la notion d'obstacle épistémologique

par Anna Sierpinska
Institut de mathématiques
de Varsovie
Pologne

Séminaire sur la Représentation
1er juin 1990 - n° 49

CIRADE, UQAM, septembre 1990

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR.

Les abréviations suivantes seront utilisées dans le texte qui suit: OE = obstacle épistémologique; C = compréhension; r(EO) = domaine de recherche en didactique des mathématiques où la notion d'OE est utilisée comme outil fondamental.

I- INTRODUCTION

Je vais parler de méthodologie de recherche non pas «sur les obstacles épistémologiques» mais de recherche en didactique des mathématiques où la notion d'OE joue le rôle d'outil fondamental.

Méthodologie est définie habituellement soit comme un ensemble de méthodes, règles et postulats d'un domaine de recherche, soit comme une analyse de principes et procédures de recherche dans un domaine particulier. Il semble que cette analyse de principes est censée d'expliciter les engagements ontologiques et épistémologiques des praticiens du domaine de recherche en question ainsi que d'identifier les catégories de pensée fondamentales pour ce domaine.

Dans ce qui suit je vais donc essayer de verbaliser la philosophie implicite de la r(EO), en montrant en même temps qu'il y a au moins deux catégories de pensée fondamentales pour la r(EO), notamment les notions d'OE et de compréhension. Je vais aussi considérer les buts de la r(EO) et les méthodes utilisées pour les atteindre. Un des buts de la r(EO) est d'évaluer les enseignements et les apprentissages. Une méthode pour évaluation des leçons des mathématiques sera developpée avec plus de détails et appliquée dans l'analyse d'une leçon particulière sur la notion de limite d'une suite numérique.

II- LA PHILOSOPHIE DE r(EO)

La philosophie de r(EO) est essentiellement anti-positiviste (cf. Moscovici, 1989). Elle admet qu'il n'y a pas de transition continue entre la pensée courante et la pensée scientifique. Cette dernière va contre la pensée courante, elle doute des évidences, elle pose des questions là où la pensée courante se satisfait des recettes, elle veut savoir non seulement «comment faire» mais aussi «pourquoi faire ainsi», elle se moque des habitudes intellectuelles...

Pour un praticien de r(EO) la signification d'un concept n'est pas totalement déterminée par sa définition (actuellement admise par la communauté scientifique). On

admet que cette signification est une résultante de son histoire, de ces applications, de la place du concept dans la théorie d'aujourd'hui. On dit que **la compréhension d'un concept scientifique demande le franchissement d'un certain nombre d'obstacles épistémologiques**.

Ce postulat est presque explicité dans le livre de Werner Heisenberg (1969), «Der Teil und das Ganze», où il discute le problème de compréhension en la physique moderne et polémise avec la philosophie positiviste. Il y rapporte le souvenir de Niels Bohr d'un symposium sur la philosophie des sciences tenu à Copenhague. La plupart des participants étaient des positivistes influencés par les idées du «Cercle de Vienne». «J'avais essayé - dit Bohr - de raconter à ces philosophes notre interprétation de la théorie des quanta. Après ma conférence, il n'y avait pas d'opposition, pas de questions difficiles! Mais c'est exactement cela qui m'avait inquiété le plus. Si, au début, on n'est pas choqué par la théorie des quanta, c'est impossible qu'on l'ait comprise!»

C'est un trait caractéristique de la philosophie positiviste que de dédaigner la philosophie qui pose des questions fondamentales et qui transcend l'expérience. La seule philosophie légitime est celle qui s'occupe de l'analyse logique de la langue. Par contre, la r(EO) suit l'avis de Heisenberg qui dit que l'on ne peut échapper des questions philosophiques concernant la nature du monde et la nature du savoir humain dans l'effort de comprendre ce monde et ce savoir.

III- LA COMPLÉMENTARITÉ DES NOTIONS D'OBSTACLES ÉPISTÉMOLOGIQUE ET DE COMPRÉHENSION

Contemplons un instant les deux séries suivantes de mots:

CROYANCES	MYTHES
PRÉJUGEMENTS	PRÉJUGÉS
PRÉ-CONCEPTIONS	MÉCONCEPTIONS
CONVICTIONS	IDÉES PRÉCONÇUES
SCHÉMAS INCONSCIENTS DE PENSÉE	HABITUDES INTELLECTUELLES

Tous ces mots décrivent nos manières de connaître. Mais, alors que les mots de gauche ont une connotation positive, il y a une certaine malice dans ceux de droite: ils sont utilisés pour qualifier nos connaissances quand elles s'avèrent fausses, inadéquates etc.

Nous connaissons d'une certaine manière. Parfois il nous arrive de vivre un grand changement qualitatif de notre manière de connaître, de voir les choses. Ce

changement, nous l'appelons «acte de compréhension» ou «franchissement d'obstacle épistémologique» suivant le point de vue que nous prenons. Nous parlons de franchissement d'obstacle si nous regardons en arrière, si nous réfléchissons sur nos connaissances antérieures et sur ce qu'il y avait d'insuffisant, d'inadéquat ou de faux dans celles-ci. Mais si ce qui nous intéresse, ce sont nos connaissances futures, cette nouvelle manière de connaître que nous avons acquise, alors nous parlons volontiers d'un acte de compréhension, d'une illumination.

Acte de compréhension et franchissement d'obstacle épistémologique ne sont souvent (pas toujours, car il existe d'actes de C sans qu'il y ait forcément franchissement d'OE; mais tout franchissement d'OE est en même temps un acte de C) que deux images d'une même réalité - réalité inconnue de changements importants qualitatifs dans nos manières de connaître. Ces deux images sont complémentaires, car on ne peut pas prendre les deux perspectives en même temps et aucune des deux perspectives ne peut pas être négligée si notre description est censée d'être complète (cf. Heisenberg, 1969, p. 38; Sierpinska, 1990).

IV- BUTS DE r(EO)

On peut distinguer les buts suivants de r(EO) - la liste n'est pas exhaustive et les buts ne sont pas indépendants:

- Diagnostic des difficultés des élèves vis-à-vis de l'apprentissage des mathématiques.
- Études épistémologiques des notions mathématiques.
- Évaluation des apprentissages, des enseignements et des matériels du point de vue de la construction des connaissances mathématiques.
- Élaboration des projets d'enseignement.

V- MÉTHODES UTILISÉES DANS LA r(EO)

Études de l'histoire des concepts mathématiques et connaissance de cette histoire jouent un rôle important dans la r(EO). Une des principales hypothèses de la r(EO) est bien celle qui dit que la signification d'un concept n'est pas totalement déterminée par sa définition actuelle mais elle est une résultante de l'histoire du concept et de ses diverses applications aussi bien dans le passé que dans le présent. On doit donc étudier l'histoire d'un concept pour pouvoir déterminer les conditions de sa compréhension.

c'est-à-dire pour en élaborer une analyse épistémologique. D'autre part, la connaissance de l'histoire des concepts est très utile dans les recherches diagnostiques sur les difficultés des élèves, plus particulièrement dans l'effort de comprendre leurs actions et verbalisations pendant les séances expérimentales. C'est parce que nous connaissons l'histoire que nous voyons plus, comprenons plus de ce que les élèves font ou disent. En interprétant leurs solutions et prises de parole nous faisons des analogies (pas nécessairement directes) avec les textes historiques. Le fameux «parallélisme» est une idée très simpliste qui ne peut pas être appliquée directement. En réalité, l'histoire nous aide à construire des modèles des conceptions des élèves sans toutefois nous apporter des modèles tout faits.

Ainsi, on peut dire, que dans la r(EO) l'étude historique des concepts est en même temps un objet et un outil de travail. On pourrait peut-être parler d'une approche ou d'une méthode «historique» lorsque les modèles des conceptions des élèves et les conditions de compréhension d'un concept particulier que l'on formule prennent en compte l'histoire de ce concept.

Il est peut-être caractéristique de la r(EO) que les concepts y apparaissent dans le double rôle d'objet d'étude et d'outil de recherche. La chose devient même plus compliquée avec la notion de compréhension. C'est bien un objet d'étude dans la r(EO): on cherche à savoir comment les élèves comprennent les mathématiques et comment on peut arriver à les leur faire comprendre dans l'enseignement. Mais c'est aussi un outil, à côté de la notion d'OE dans les analyses épistémologiques des concepts mathématiques (voir, par exemple Sierpinska, 1990). En même temps, c'est une méthode de recherche.

Dans la r(EO) il s'agit souvent de comprendre les textes (historiques, protocoles des séances expérimentales) ou comportement humain. L'herméneutique traditionnelle allemande avait distingué la compréhension comme méthode propre aux sciences humaines et l'avait opposé à l'explication qui ne peut s'appliquer qu'aux sciences naturelles (Dilthey, 1970). Cette opposition est contestée par l'herméneutique philosophique plus récente. En particulier, Ricoeur (1989), affirme que la compréhension ne peut pas être séparée de l'explication. Ces deux activités entrent dans une sorte de dialectique, où, au début, il y a une conjecture - un saisissement naïf du sens d'un texte comme un tout. Suit une période de justification, de tentatives de validation de la conjecture au cours de laquelle la conjecture est changée, améliorée, adaptée ou rejetée. La même activité recommence alors avec cette nouvelle conjecture et le processus continue jusqu'au moment où l'on peut dire que le texte a été compris. Ces procédures de validation sont propres au genre du texte analysé et correspondent à ce qui, traditionnellement, aurait été appelé explication.

Dans ce qui suit je vais présenter l'évaluation d'une leçon de mathématiques en explicitant la méthode de compréhension du texte du protocole de la leçon que j'utilise.

VI- ÉVALUATION D'UNE LEÇON DE MATHÉMATIQUES

1. Remarques générales

La leçon dont je vais parler a eu lieu dans un lycée de Varsovie en février 1985 dans une classe au profil humaniste. Le sujet annoncé par l'Enseignante était: «La limite d'une suite infinie». Les leçons qui précédaient celle-ci portaient sur les progressions arithmétiques et géométriques. La notion de suite infinie numérique avait été introduite comme un cas particulier de fonction: fonction de **N** dans **R**. Dans les leçons suivantes l'Enseignante avait l'intention de démontrer aux élèves les théorèmes sur la limite de somme (différence, produit et quotient) des suites et passer aux exercices qui consistent à calculer les limites des suites données par des formules algébriques de plus en plus compliquées.

Une première conjecture à propos de la valeur de la leçon était que l'enseignement ne consistait qu'à passer aux élèves la définition formelle de la notion de limite d'une suite et à leur montrer ensuite comment on démontre, par définition, qu'une suite donnée a_n a pour limite un nombre donné g. Dans le modèle de l'évaluation des leçons mathématiques de Steinbring (1988), basé sur le triangle épistémologique: Symbole - Objet - Concept, cela voulait dire que toute la leçon se trouve au niveau Symbole, qu'il n'y aucune prise de parole qui concerne les contextes où les définitions introduites sont interprétées et appliquées (Objet) et que ni l'Enseignante ni les élèves ne cherchent à trouver de lien entre ces définitions et leurs expériences dans d'autres domaines mathématiques ou non-mathématiques.

Cependant, une tentative à valider cette conjecture nous a amenés à la reviser. Une structuration plus détaillée du protocole de la leçon a montré que certaines prises de parole par l'Enseignante sont faites dans le but d'*expliquer* les définitions introduites, de donner du sens à ses démarches et qu'elle emploie certains moyens didactiques bien précis pour ce faire.

Nous nous sommes donc proposés de faire l'analyse de la leçon en trois pas:

Premier pas: **une première analyse globale**. Découverte du plan de la leçon; division de la leçon en phases qui se concentrent sur un même sujet.

Deuxième pas: **une analyse locale**. En analysant les prises de parole par l'Enseignant ou les élèves dans chacune des phases de la leçon on cherche à savoir:

(1) Qu'est-ce qui, à un moment donné de la phase, est considéré par l'Enseignante comme **sujet local** de la leçon?

(2) À quoi l'Enseignante (ou les élèves) **se réfèrent-ils** pour trouver la signification et le sens d'un sujet local de la leçon?

(3) Comment fait-on pour trouver **les liens** entre un sujet local et une référence?

Troisième pas: **une deuxième analyse globale**. Dans cette deuxième analyse, on cherche, premièrement, à catégoriser les «sujets locaux» de la leçon, les «références» et les «liens» utilisés pendant la leçon. Deuxièmement, on évalue les catégories utilisées à l'aide d'une analyse épistémologique de la notion de limite qui explicite les conditions de sa compréhension (contenue, par exemple, dans Sierpinska, 1990).

2. Une première analyse globale de la leçon

Dans le protocole de la leçon, les prises de parole par les élèves apparaissent très rarement et ce sont des propos très courts, la plupart du temps des réponses par un seul mot aux questions de l'Enseignante.

La leçon était composée de cinq phases:

Phase 1. Introduction de la notion de voisinage de rayon epsilon d'un nombre (la lettre ɞ sera utilisée par la suite pour dénoter epsilon)

L'enseignante commence par des définitions informelles et tend vers une définition formelle en termes de valeur absolue:

$$\sigma(g, \varepsilon) = \{x \in \mathbb{R} : |x - g| < \varepsilon\}$$

Phase 2. Introduction de la définition de limite d'une suite infinie

Une définition verbale est d'abord dictée par l'Enseignante aux élèves: «Nombre g est appelé limite d'une suite infinie numérique si et seulement si pour tout nombre positif epsilon il existe un nombre réel k tel que tous les termes de la suite à l'index plus grand que k appartiennent au voisinage de rayon epsilon du nombre g». Ensuite les

élèves sont priés d'écrire cette définition «à l'aide des quantificateurs». Non sans difficultés, une définition formelle apparait finalement au tableau:

$$\lim_{n \to \infty} a_n = g \Longleftrightarrow \forall e>0 \ \exists k \in R \ \forall n>k \ |a_n - g| < e$$

L'Enseignante souligne le rôle de chaque élément de la définition et exprime des définitions informelles de limite:

ENS: «Être placé dans ce voisinage, c'est être un nombre tel que sa distance du nombre g est moindre que e.»

ENS: «Voilà ce que cela veut dire: à partir d'un index qui est plus grand que k tous les termes de la suite trouveront une place à l'intérieur du voisinage de rayon e du nombre g.»

ENS: «Cela veut dire qu'ils seront si près du nombre g que leur distance de ce nombre sera moindre que l'epsilon donné.»

ENS: «Remarquez que la définition commence par les mots: pour tout epsilon. Cela veut dire que e peut être choisi aussi petit que l'on veut.»

ENS: «Si petit que soit le voisinage du nombre g que nous choisissions, il contiendra beaucoup (...) un nombre infini de termes de la suite ... Parce que k peut être établi énorme. Mais ce k ne coupera que les premiers termes de la suite. Même si c'est un million de termes, ceux qui doivent trouver une place à l'intérieur du voisinage forment une majorité, il y en a une infinité.»

ENS: «À partir d'un certain rang, tous les termes trouveront une place dans ce voisinage.»

Phase 3. Visualisation de la limite d'une suite

Cette visualisation consiste à dessiner, dans le plan de coordonnées, une dizaine de points isolés disposés comme sur une hyperbole y = 1+ 1\x, x>0. On ne compose pas de graphique d'une suite dont la formule serait donnée d'avance.

L'Enseignante compare, en effet, la ligne des points à une hyperbole qui s'approche de son asymptote. Elle explique comment les points du «graphique» représentent une suite en tant qu'une fonction, elle montre où en sont les arguments et où sont les termes - les valeurs. Ensuite elle se propose de «démontrer que le nombre 1 est la limite de cette suite». Elle prend l'intervalle (g - e, g + e) sur l'axe vertical, dessine les droites y = g - e et y = g + e et dit:

ENS: «Ce terme là, trouvera-t-il une place dans le voisinage que nous avons choisi? Non. Et celui-là? Non plus. Et celui-là? Non, mais ça ne fait rien. Celui-là? Non. Mais le 15ème terme y sera déjà. Supposons que k=14 et à partir du 15ème terme ... Donc seulement14 termes n'ont pas trouvé de place».

Le dessin n'est pas très précis et le 15ème terme n'est pas visible.
L'Enseignante dit ensuite:

ENS: «Bon, vous direz que le voisinage est grand, qu'on peut voir du dernier banc... et il faut qu'on ait pour tout voisinage... Alors prenons un voisinage plus petit, aussi petit qu'on veut...»
ÉLÈVE: «Et il y aura une infinité ...»
ENS: «Il y aura une infinité de termes. Tous les termes, à partir d'un certain rang.»

Phase 4. Définition informelle de limite en termes de «presque tous les termes» de la suite

ENS: «Je veux dire que dans le voisinage du nombre que nous voulons appeler limite, il y a de la place pour presque tous les termes de la suite ... Presque tous les termes, cela veut dire: tous sauf un nombre fini de termes.»

Phase 5. Problèmes: démontrer par définition, que la suite donnée a_n a pour limite le nombre donné g:

(1) $a_n = 1\backslash n$ $\quad g = 0$

(2) $a_n = (2n - 1)\backslash n$ $\quad g = 2$

(3) $a_n = (n^2 + 1)\backslash 3n^2$ $\quad g = 1\backslash 3$

Le premier problème est résolu par l'Enseignante avec un très faible concours de l'élève au tableau. Cette solution est traitée comme modèle de solution de ce genre de

problèmes. Le schéma de cette solution est explicité par l'Enseignante:

ENS: «Vous écrivez au point 2 que vous avez à vérifier la vérité de la proposition ... et au lieu de a_n vous écrivez non plus 1\n mais cette formule-là, et au lieu de g vous écrivez 2. Et ensuite, sous la valeur absolue vous réduisez au dénominateur commun et vous transformez l'inégalité de façon à obtenir le n d'un côté et une expression avec e de l'autre. Alors il vous sera très facile de déterminer si la proposition est ou n'est pas vraie.»

3. Deuxième analyse globale de la leçon

Cette analyse n'aurait pu être faite sans une méticuleuse analyse locale. Mais, dans le texte présent, nous ferons grâce au lecteur du protocole de la leçon et du travail de qualification individuelle des prises de parole.

Le protocole a été divisé en unités, chaque unité ne comprenant pas plus qu'une catégorie de «sujet local», «référence» ou «lien». Le nombre total d'unités ainsi définies est 116.

3.1 Catégories des sujets locaux de la leçon et leur évaluation épistémologique

Le nombre d'unités du protocole comprenant une définition du sujet de la leçon est 83 (72% du nombre total d'unités).

Les catégories le plus répandues de sujets locaux sont celles qui concernent les DÉMONSTRATIONS (27 unités) et les DÉFINITIONS (24 unités).

La catégorie des DÉMONSTRATIONS comprend:

- formulation du problème de démontrer qu'une suite donnée a_n a pour limite un nombre donné g ;
- interprétation de ce problème en termes logiques:

ENS: «Vérifier, par définition, si le nombre g, dans notre cas le nombre 0 est la limite de cette suite, cela veut dire qu'il faut vérifier si le nombre 0 satisfait cette définition par rapport à la suite non plus arbitraire mais bien concrète, sa formule est donnée. Il faut vérifier la valeur logique de

cette proposition (...) Si cette proposition est vraie (ENS montre «∀ε>0...») alors cette proposition-là est aussi vraie (ENS montre «$\lim a_n = g$»), cela veut dire que le nombre 0 est la limite de la suite 1\n parce que ces deux propositions sont logiquement équivalentes, n'est-ce pas?»
- démonstrations;
- formulation de solution de problème de démonstration;
- formulation du schéma de démonstration.

L'Enseignante présente le passage à la limite comme une opération mathématique qui attribue un nombre unique bien déterminé à certaines suites. Mais, premièrement, aucun exemple ne mène les élèves à se rendre compte qu'il existe des suites pour lesquelles ce nombre n'est pas déterminé: toutes les suites considérées par l'Enseignante sont convergentes. On ne donne pas de chance aux élèves d'identifier les suites convergentes parmi d'autres suites possibles. Deuxièmement, l'opération de passage à la limite, à part d'être une opération mathématique, est un outil heuristique puissant en même temps qu'une méthode rigoureuse de vérification de conjectures sur des relations entre les quantités variables. Aucune de ces caractéristiques n'avait pas de chances d'être appréciée par les élèves pendant la leçon. Pourtant, il serait facile de laisser les élèves d'abord deviner les limites des suites proposées dans le «problème de démonstration» et seulement ensuite leur demander de prouver leurs conjectures.

Nous avons rapporté plus haut la manière dont l'Enseignante formule le schéma de démonstration. Ce schéma est une suite d'instructions pour écrire une démonstration. Un élève peut être capable de suivre cette liste d'instruction parfaitement technique même sans avoir compris la notion de limite d'une suite.

La catégorie des DÉFINITIONS comprend:
- formulation de définition formelle;
- formulation de définition informelle;
- reformulation de définition en d'autres termes;
- formalisation de définition;
- introduction d'un nouveau terme ou symbole;
- rédaction de définition;
- définition ostensive.

La part des élèves était très faible dans les activités ci-dessus; l'Enseignante ne leur demandait que de reformuler une part de définition en d'autres termes. Par exemple - de remplacer une inscription comme «$-\varepsilon < x - g < \varepsilon$» par une expression «plus concise» (elle pensait à «$|x-g| < \varepsilon$»).

Il y a plusieurs obstacles à franchir dans la formalisation de la notion de limite d'une suite. Dans le passage de l'algèbre scolaire aux débuts de l'analyse il faut se rendre compte du changement des rôles des variables. En algèbre une lettre désigne soit une inconnue, soit une grandeur qui peut admettre une ou plusieurs valeurs différentes (grandeurs variables ou constantes). En logique une lettre - une variable - est le nom d'un élément arbitraire d'une classe et en analysant une inscription comprenant des variables il est intéressant de savoir lesquelles des variables sont libres et lesquelles sont liées par les quantificateurs. On distingue les prédicats, qui sont des conditions, des propositions qui peuvent être vraies ou fausses. En formalisant la définition de la limite d'une suite il faut se garder de mettre la variable a_n sous quantificateur: elle doit rester libre pour que le *definiens* exprime une condition sur les suites. En disant, par exemple, qu'à partir d'un certain rang **tous les termes de la suite** appartiennent déjà au voisinage ... etc. il faut être conscient du fait que, pour une suite donnée, un terme est bien déterminé par son index et qu'il suffit alors de poser des conditions sur les index: «$\forall n$» au lieu de «$\forall a_n$».

La compréhension de la définition formelle de limite d'une suite demande donc au moins:

- une distinction entre l'emploi des lettres dans l'algèbre et dans la logique;
- une identification du rôle des arguments d'une suite (en tant qu'une fonction) comme index des valeurs-termes.

L'Enseignante ne discute pas avec les élèves ces problèmes; elle assume que cette distinction et cette identification viennent tout naturellement dans l'apprentissage. Elle traduit l'expression «tout terme à l'index plus grand que k» par «tout index plus grand que k» sans explication:

ENS: «Écris que tout terme à l'index plus grand que k, soit: tout index n plus grand que k ... oui ... pour tout n plus grand que k.»

Dans l'histoire de la formalisation de la notion de limite il a fallu mathématiser les notions «d'approchement» et «d'approchement indéfini» des termes d'une suite à la limite, objectiviser et dépersonnaliser ces idées dynamiques en termes statiques de **distance** entre les nombres, notion qui a été ensuite définie à l'aide de la notion de valeur absolue. Il n'est pas donné aux élèves dans cette leçon de vivre cette objectivisation et cette dépersonnalisation. Elle leur est donnée toute faite et les élèves sont incapables d'en apprécier la valeur théorique. Tout ce qu'on leur demande de faire est de considérer comme équivalentes les expressions: «$-e < x - g < e$», «$|x - g| < e$» et «la distance entre x et g est moindre que e»:

ENS: «Chers amis! Si là, j'ai le nombre g et ici le voisinage à rayon e, alors être dans ce voisinage veut dire être un nombre dont la distance du nombre g est moindre que e. D'accord?»

[Silence]

ENS: «Comment exprime-t-on la distance entre deux nombres?»

[Silence]

ENS: «La valeur absolue de la différence entre eux. Alors voilà ce que dit la définition: tous les termes, à partir de l'index qui est plus grand que k, trouveront une place dans le voisinage à rayon e du nombre g».

Un autre problème conceptuel que les élèves auraient à résoudre pour comprendre la définition de limite qui leur a été proposée par l'Enseignante est celui de la signification de la condition «$\exists k \in \mathbf{R}$». Le remplacement de cette condition par la condition «$\exists k \in \mathbf{N}$» mène à une définition logiquement équivalente mais beaucoup plus facile conceptuellement. Cette dernière ne demande pas que les élèves conçoivent la suite comme un cas particulier de fonction, les index comme les nombres naturels qui sont, à leur tour, un sous-ensemble des nombres réels. Il suffit de concevoir les suites comme des listes de nombres et les index comme des «numéros» et non pas des nombres.

Dans la vérification si la limite d'un suite a_n est bien g, la recherche d'un k naturel signifie que l'on cherche à partir de quel numéro tous les termes de la suite sont déjà dans le voisinage donné de g. On montre du doigt le terme crucial. La recherche d'un k réel ne donne pas cette satisfaction. On ne définit pas le terme crucial; il doit nous suffire que nous savons, théoriquement, qu'un tel terme existe. Bien sûr, l'exigence que k appartienne aux naturels demande plus de travail (et de connaissances mathématiques - fonction Entier, fonction logarithme parfois, ...) lors de la démonstration et c'est peut-être la raison pour laquelle l'Enseignante avait choisi de prendre la définition avec k réel.

Autres catégories de sujets locaux pendant cette leçon étaient: TRANSFORMATIONS ALGÉBRIQUES (8 unités), RÉACTIONS À L'ERREUR DE L'ÉLÈVE (7 unités), REPRÉSENTATIONS GÉOMÉTRIQUES DES OBJETS MATHÉMATIQUES (4 unités), THÉORÈMES (1 unité: théorème: lim 1\n = 0).

Voici quelques **ERREURS** des élèves (on donnera d'autres exemples d'erreurs des élèves dans les parties ultérieures de ce texte):

(1) À la formalisation de la définition de limite, pour traduire en symboles la condition «les termes a_n (...) appartiennent au voisinage de rayon e du nombre g», l'élève au tableau voulait mettre «$a_n \in \mathcal{O}(g,e)$» mais l'Enseignante ne l'a pas laissé faire:

ENS: «Non! La dernière inscription, s'il vous plait! [il s'agit de la dernière définition formelle du voisinage en termes de valeur absolue] Valeur absolue de a_n moins g, etc.»

L'élève écrit: «$|a_n - g| \in$» traduisant par symbole «$\in$» le mot «appartient».

L'obstination de l'Enseignante n'est pas justifiée. En fait, elle a changé la tâche de l'élève pendant qu'elle était en train de la résoudre. Il ne s'agissait d'abord que d'écrire en symboles ce qui a été dit avec des mots, et maintenant il s'avère qu'il faut encore reformuler la définition.

(2) Pendant la résolution du problème de démonstration, il s'agissait de vérifier si pour un e donné il existe un k tel que pour tout $n>k$, $n > 1\backslash e$:

ENS: «Je prends un nombre positif quelconque. Je l'ai. Maintenant je prends l'inverse de ce nombre et je pose la question si je suis capable de trouver un rang tel qu'à partir de ce rang tous les nombres naturels seront déjà plus grands que ce nombre.»

En ce moment une élève dit:

ÉLÈVE: «Si pour e nous prenons 1 alors $n=1$ ne satisfait pas ...»

L'erreur de l'élève consiste en ce qu'elle ne prend pas compte de la condition que l'inégalité $n > 1\backslash e$ doit être satisfaite à partir d'un certain rang. L'élève considère la proposition : «$\forall e>0 \ \forall n \ n> 1\backslash e$». C'est une erreur logique. La réaction de l'Enseignante consiste à souligner l'essentialité de la condition de l'existance de k et à montrer que pour $e=1$ il existe un k tel que pour $n>k$ $n > 1\backslash e$, c'est-à-dire $n > 1$: «Il suffit de prendre $k = 1.5$. Cela veut dire qu'à partir du nombre naturel 2 tout va bien». Malgré ces explications la réponse à la question posée par l'Enseignante n'apparait pas tout de suite. Alors elle reformule la question:

ENS: «Alors? Est-ce que je suis toujours capable de trouver un nombre naturel plus grand que quelque chose?»

[Silence]

ENS: «Oui ou non?»
ÉLÈVE: «Ben ... oui»

Cette dernière question est triviale mais elle cache tous les quantificateurs et les élèves ne sont plus sûrs s'il s'agit de la même question qu'avant. Le lien entre ces questions n'est pas explicité par l'Enseignante.

Les REPRÉSENTATIONS GÉOMÉTRIQUES concernaient d'abord la notion de voisinage à rayon e d'un nombre et ensuite la notion de limite d'une suite. La notion de voisinage d'un nombre a été introduite, en fait, comme modèle arithmétique d'un cas particulier du voisinage d'un point dans l'espace à n dimensions. L'Enseignante a rappelé aux élèves la notion de voisinage d'un point dans le plan:

ENS: «Nous avons parlé de voisinages dans le plan en géométrie; nous avons parlé de voisinages circulaires, nous avons dessiné le voisinage circulaire d'un point, c'est-à-dire un cercle d'un certain rayon et de centre au point dont le voisinage a été considéré.»

Et maintenant, pour présenter la notion de voisinage d'un point sur la droite comme cas particulier de la notion de voisinage dans le plan, l'Enseignante devait faire traiter la droite par les élèves comme un espace à dimension 1 et le plan comme un espace à dimension 2 - donc généraliser les notions de droite et du plan:

ENS: «À quoi se réduit un disque ouvert comme cela dans l'espace à une dimension? (elle dessine une droite).»

Dans la suite l'Enseignante parle de cet «espace à dimension un» comme parfois «une droite» et parfois «un axe numérique». Ce faisant elle introduit la structure d'espace cartésien dans les espaces qu'elle considère. En disant «nombre g» elle passe à parler du voisinage d'un nombre:

ENS: «Voici le nombre g. Je considère le voisinage de rayon e de ce nombre. À quoi se réduit tout le disque si tout mon univers de discours n'est que l'espace à dimension un, cet axe numérique, et non plus tout le plan, hm?»

L'Enseignante attend probablement la réponse: «un intervalle» mais le rappel du contexte géométrique fait que les élèves répondent: «à un segment» et il ne leur est pas facile de deviner qu'il s'agit de répondre: «intervalle». Il disent: «ensemble», «suite bornée» (???). Finalement, un des élèves dit: «intervalle» et les élèves trouvent alors facilement les nombres qui correspondent aux extrémités du segment: $g-e$ et $g+e$.

Le sens d'introduire la notion du voisinage d'un nombre (avec symbole spécifique et définition formelle) pendant cette leçon est assez problématique. Peut-être que l'Enseignante voulait pourvoir ses élèves avec une gamme aussi large que possible de formulations de définition de la limite d'une suite. Mais elle n'utilise pas le symbole du voisinage dans la définition de limite (en fait, elle interdit à l'élève de mettre «$a_n \subset \mathcal{O}(g,e)$» dans la définition et l'oblige à utiliser le symbole de valeur absolue). La notion de valeur absolue et son sens comme distance auraient bien suffi pour ces élèves qui n'iront jamais étudier la notion de limite dans les espaces topologiques autres que $\mathbb{R}$ avec la métrique habituelle.

Toute la phase 3 de la leçon est consacrée à la visualisation de la notion de limite d'une suite. Nous avons présenté cette visualisation plus haut. L'intuition que l'Enseignante construit ici chez ces élèves est une intuition géométrique de la notion de limite qui est, en fait, un obstacle à la compréhension de la notion de limite d'une suite numérique. Cette intuition consiste à concevoir la convergence comme un processus de «devenir de plus en plus semblable à ...». L'hyperbole devient de plus en plus semblable à une droite qui est son asymptote; le 2^n-gone inscrit ou circonscrit au cercle diffère de moins en moins du cercle, la sécante est de plus en plus difficile à distinguer de la tangente. Dans cette intuition il est inutile de détacher les aspects quantitatifs d'une figure géométrique ou de sa position de la figure elle-même. Quand on dit qu'une «hyperbole tend vers son asymptote», on fait appel à une métaphore qui est basée sur cette intuition géométrique de devenir de plus en plus semblable. Le mathématicien du XXe siècle mesure cet «approchement» par les distances entre les points qui correspondent l'un à l'autre dans une certaine application: les nombres $|f(x) - 1|$ diminuent quand x tend vers l'infini. Nous avons à faire ici avec la convergence d'une fonction lorsque x tend vers l'infini. Mais les élèves dans notre classe n'en sont pas encore conscients. Ils prennent la métaphore littéralement et construisent un obstacle pour la compréhension de la notion de limite. C'est cet obstacle qui fait qu'il est très difficile d'accepter que la longueur d'une ligne brisée (voir figure ci-dessous) n'approche pas la longueur de la ligne droite bien que la forme de la ligne brisée est de plus en plus semblable de la forme de la ligne droite:

Le graphique utilisé par l'Enseignante pour visualiser la notion de limite n'est pas très précis. Il ne représente aucune suite concrète, donnée, par exemple, par une formule. Cela peut mener à concevoir le dessin comme représentant une suite «typique» et un comportement «typique» d'une suite convergente. S'il est vrai, comme dit Dewey (1910), que l'homme généralise à partir du premier exemplaire rencontré, alors il y a un risque que les élèves soient persuadés que toutes les suites convergent de façon monotone, tendent «régulièrement» dès le premier terme etc.

Cette imprécision intentionnelle du dessin fait qu'une concrétisation véritable des conditions de la définition avec un e donné n'est pas possible. Dans ces conditions, l'attribution d'un rang k à un e donné devient une activité tout aussi abstraite que sans le dessin.

3.2 Catégories de références auxquelles on fait appel pour donner une signification aux sujets locaux et évaluation du choix de ces références

Le nombre d'unités du protocole se rapportant aux références est 63 (ce qui constitue 54% du nombre total d'unités).

L'Enseignante se référait surtout aux SAVOIRS INTRODUITS ANTÉRIEUREMENT (27 unités), à savoir aux notions d'analyse et d'algèbre, de logique et de géométrie. À part cela, elle se référait aux SIGNIFICATIONS COURANTES DES MOTS, aux SAVOIRS INTRODUITS RÉCEMMENT, aux EXEMPLES «CONCRETS».

Les références à l'algèbre et l'analyse comprenaient les notions telles que: axe numérique, intervalle, valeur absolue, inéquations avec valeur absolue, suite comme fonction sur N, les propriétés du zéro ($a \cdot 0 = a$), les techniques de résolution d'inéquations, la propriété des nombres naturels d'être positifs, d'être un ensemble illimité, la fonction homographique.

Les références à la géométrie portaient sur les notions de voisinage d'un point dans le plan, espace à un et espace à deux dimensions, la notion géométrique de distance. Quant à la logique, l'Enseignante se référait à la conjonction logique (une inéquation double est conjonction de deux inéquations), au fait de la transitivité de l'équivalence de propositions, aux rapports entre les valeurs logiques de deux propositions équivalentes, à la notion de vérification d'une définition par un objet mathématique.

Les références à l'analyse et à l'algèbre ne comprenaient pas les connaissances relatives aux nombres réels, à leurs développements décimaux, à l'ambiguïté de la représentation décimale des réels, aux approximations des réels par des suites de nombres rationnels, au sens de la multiplication de deux nombres réels a et b lorsque a\b n'est pas rationnel, au calcul approximatif des racine des équations ... bref, à tout ce qui dans la notion du nombre réel donne du sens à la notion de limite. L'Enseignante n'a même pas fait appel aux suites arithmétiques et géométriques qui ont été considérées en classe juste avant la leçon discutée ici. Les références à la géométrie n'évoquaient pas les notions d'aire d'un cercle ou d'autres régions curvilignes et les moyens de les calculer ni celle de l'aire d'un rectangle aux côtés incommensurables (cf. Sierpinska, 1990_2).

On n'a pas donné de chance aux élèves de découvrir que les suites numériques peuvent être un objet intéressant à étudier, et qu'il existe des suites qui ont des propriétés très utiles dans le calcul de certaines magnitudes. Pourtant cette découverte ou prise de conscience est une première condition pour comprendre la notion de limite d'une suite numérique (cf. Sierpinska, 1990).

L'Enseignante n'a pas essayé de soulever la question si la suite «atteint ou n'atteint pas sa limite» (que ce soit par l'évocation des paradoxes de Zénon ou autre moyen, cf. Sierpinska, 1987). Cette question a joué un rôle important dans la clarification de la notion de limite dans l'histoire. Une discussion en classe du problème donne à l'enseignant l'occasion de mettre au clair la notion de suite, comparer diverses conceptions de l'infini et philosophies des mathématiques. Elle permet aux élèves de prendre conscience que le problème «limite atteinte ou pas» est un problème philosophique qui n'a pas de solution univoque. Dans la lumière de cette prise de conscience, la définition formelle de limite apparaît comme une solution théorique de haute qualité, acceptable pour tous les mathématiciens, quelque soit leur philosophie des mathématiques et conception de l'infini (ibidem).

Il y avait 5 exemples «concrets». Un de ces exemples était la suite donnée par son graphique. Comme nous l'avons dit plus haut, cet exemple n'est qu'apparemment concret. Un exemple vraiment concret du nombre e et du k correspondant est en quelque

sorte forcé par une erreur de l'élève. Pendant la résolution du problème de démonstration que la limite de la suite 1\n est 0, quand la question a été réduite à la question du choix du nombre k tel que pour n > k, n soit plus grand que 1\e, un des élèves a dit qu'il suffit que k soit égal à 1. Les élèves n'ont pas compris que k est une fonction de e. Ce n'est que maintenant que l'Enseignante prend un e bien concret, e = 1\100 et montre que si k était égal à 1, alors à partir de n=2 on devrait avoir n > 100 ce qui est absurde. Ce n'est qu'une réfutation d'une proposition de l'élève. L'Enseignante ne prend pas diverses valeurs de e et ne demande pas aux élèves de trouver les nombres k correspondants.

Un champ de référence important est celui des SIGNIFICATIONS COURANTES DES MOTS. L'Enseignante cherche des mots qui provoquent des images très familières et les emploie avec conséquence dans ses définitions à la place des mots utilisés normalement dans les définitions verbales. Ces mots et expressions (en polonais) ne sont pas traduisibles en français: traduits littéralement, ils perdent le sens qu'ils ont en polonais. À la place de «les termes appartiennent au voisinage...» l'Enseignante dit quelque chose comme «les termes vont trouver une place dans le voisinage» ce qui donne l'image du voisinage comme un endroit très étroit, dans lequel il est difficile de trouver une place. Alors dans une seule expression, un même mot, il y a deux choses: la relation d'appartenir et le quantificateur général ∀e.

Ce dernier quantificateur est souvent traduit par l'expression familière: «aussi petit que l'on veut». On fait ainsi appel au libre vouloir de celui qui parle. Le quantificateur existentiel est traduit, à son tour, par une certaine «possibilité», malgré certaines contraintes, de celui qui parle: «∃ k» veut dire que «je **peux** trouver», «je **peux** choisir», «je suis toujours **capable** de trouver un nombre naturel plus grand que quelque chose».

Appel aux significations courantes des mots, aux métaphores et aux images qu'elles provoquent est un outil souvent utilisé dans les cours ou textes de vulgarisation des mathématiques. Pourtant on peut douter de l'efficacité de cet outil. Quelqu'un qui ne connait pas les mathématiques qui sont ainsi «expliquées», ne peut pas savoir qu'elles sont les parties de l'image provoquée par la métaphore qu'il faut garder comme essentielles, comme formant la base de l'analogie et lesquelles sont superflues et il faut les ignorer. On a l'impression d'avoir compris quelque chose et en fin de compte on ne s'est construit que quelques nouveaux obstacles qu'il peut être très difficile à franchir en apprenant les mathématiques en question.

3.3 Catégories de moyens utilisés par l'enseignant pour provoquer chez les élèves la perception des LIENS entre les sujets locaux de la leçon et les références. Évaluation de ces moyens

Le nombre d'unités du protocole consacrées à provoquer chez les élèves la perception des liens entre les sujets locaux et les références était 59 (51% du nombre total d'unités).

Les moyens utilisés par l'Enseignante étaient les suivants:

(1) Méthode de RAPPEL EN MÉMOIRE (20 unités):

- l'Enseignante laisse aux élèves de compléter les phrases qu'elle commence ou dont ne prononce que certains mots; elle suspend la voix et attend que les élèves réagissent. Par exemple , en essayant de rappeler aux élèves que la condition «$|x - g| < \varepsilon$» est équivalente à «$-\varepsilon < x - g < \varepsilon$», l'Enseignante dit:

ENS: «Rappelez-vous la plus simple inéquation avec valeur absolue, comment on la résolvait. Si $|x| < 5$ alors ... qu'est-ce qui se passait? ... x doit être ... comment?»

ÉLÈVE: «Par exemple ... prenons par exemple ...»

ENS: «x doit être ... comment?»

ÉLÈVE: «positif, plus grand que zéro»

ENS: «Pourquoi positif? Moindre que 5 et ...»

ÉLÈVE: «Moindre que 5 et ...»

ENS: «Allons! Mais voyons ... (elle écrit: «$x < 5$»)»

ENS: «Puis-je me promener où je veux avec cet x? (Elle dessine:

ENS: «Non! x plus grand que ...»

ÉLÈVE: «moins cinq»

- méthode de recherche «à l'aide d'un catalogue»; par exemple, en essayant de faire rappeler aux élèves la notion de voisinage circulaire d'un point, l'Enseignante indique d'abord le domaine des mathématiques auquel cette notion appartient («nous avons parlé des voisinages dans le plan en géométrie»); elle prononce le nom d'un concept plus général (voisinages dans le plan), ensuite le nom du concept dont il s'agit («nous y avons parlé des voisinages circulaires, nous avons dessiné le

voisinage circulaire d'un point») et ensuite elle donne une définition informelle du concept («c'est-à-dire un disque d'un certain rayon et centre au point dont le voisinage nous considérions»).

- appel à la forme ou schéma de la formule à se rappeler; par exemple, l'Enseignante dit que la formule cherchée doit être plus «courte» que la formule présente. Ou elle attire l'attention des élèves sur le schéma de l'inégalité «$-e < x - g < e$» en disant qu'il s'agit d'une inégalité double «qui dit que quelque chose est plus petit qu'une magnitude positive et plus grand que la magnitude opposée».

- dictée: l'Enseignante indique directement le savoir qui doit être rappelé, en montrant du doit l'endroit qu'il faut dans le cahier de l'élève ou en dictant la formule, le terme ou autre chose.

(2) Moyens de baser la signification des sujets locaux sur les significations courantes de mots:

- l'Enseignante écrit une définition en langue symbolique au tableau et l'exprime en même temps avec des mots;

- elle utilise avec conséquence certains mots-images, mots-métaphores dans les définitions informelles, en remplaçant toujours le même terme mathématique par le même mot-image.

- pendant la formalisation d'une définition, elle transforme graduellement une expression informelle en une expression qui ressemble de plus en plus à l'expression symbolique. Par exemple:

  ENS: «Écris que tout terme à l'index plus grand que k, autrement dit: tout index n plus grand que k ... oui ... pour tout n plus grand que k».

- en transformant les inégalités telles que, par exemple, «$g - e < x < g + e$» l'Enseignante emploie des expressions du jargon scolaire des élèves et non pas le langage correct des mathématiques. Elle dit: «transposons g à l'autre côté de l'inégalité» et non pas «ajoutons g aux deux côtés de l'inégalité».

- l'Enseignante parle des termes de la suite comme si c'étaient des êtres humains - ce moyen de faire les liens pourrait être appelé «antropomorphisation» des objets mathématiques;

- il y a aussi une «personalisation» des opérations mathématiques: l'Enseignante dit: «je dois trouver un k pour un e donné», «suis-je capable d'un trouver un» etc.

(3) En se référant à une représentation géométrique l'Enseignante explicite parfois les correspondances entre les éléments de la visualisation et les notions ainsi visualisées (par exemple, elle montre comment le graphique utilisé dans la phase 3 de la leçon représente une suite, où en sont les arguments , les valeurs (9 unités).

(4) Pour faire le lien entre le savoir rappelé aux élèves et le savoir qu'elle introduit, l'Enseignante a souvent recours aux procédures déductives. La notion du voisinage de rayon e d'un nombre est un cas particulier de la notion du voisinage d'un point dans un espace topologique à n dimensions. Une suite est une fonction - «donc on peut dessiner son graphique». Déduction est utilisée dans certaines réactions de l'Enseignante à l'erreur de l'élève (7 unités).

Le reproche que l'on peut faire à ces moyens de faire le lien entre les sujets locaux et les références est qu'ils permettent aux élèves de rester complètement passifs. Les méthodes de rappel et les moyens de référence aux images familières sont basés sur une sorte de psychologie associativiste de développement des concepts. Les moyens de présenter les visualisations et de faire le lien entre le savoir rappelé et le savoir introduit prennent surtout soin de l'exactitude et de la pureté des mathématiques et n'ont aucun égard aux connaissances des élèves, à leurs conceptions et leurs difficultés.

3.4 Moyens de donner du sens aux activités entreprises pendant la leçon

On peut se poser la question quels sont les moyens qu'utilise l'Enseignante pour donner du sens aux activités qu'elle entreprend; comment fait-elle pour que les élèves veuillent rester en classe et écouter ce qu'elle dit? Bien sûr, les élèves sont censés de respecter le contrat social et de rester dans leurs rôles d'élèves et tout refus de participer dans les activités proposées par l'Enseignante peut être puni. Mais sans recours à des méthodes «administratives», l'Enseignante montre aux élèves qu'elle fait bien son travail de professeur de mathématiques, que quant à elle, elle remplit bien son rôle et alors elle a le droit d'attendre la même chose des élèves. Les moyens qu'elle utilise sont les suivants:

- l'Enseignante annonce le thème de la leçon; le titre comprend des mots tels que «limite», «suite». Ceci justifie l'introduction, pendant la leçon, de définition de limite d'une suite. L'éclaircissement des termes annoncés dans le sujet de la leçon devient un but valable pour les élèves.

- l'Enseignante annonce aussi les sous-thèmes tels que «voisinage...», «problèmes», etc.

- les parties plus longues de la leçon sont récapitulées;

- les démonstrations des faits du type lim $a_n = g$ sont opérationnalisées de façon à ce que les élèves sachent qu'est-ce qu'il faut écrire et faire pour obtenir une démonstration. Cette activité de démonstration pourrait n'avoir aucun sens pour les élèves qui ne comprennent pas la notion de limite. Mais l'apprentissage de certaines activités dans le but de réussir à un test devient une occupation qui a du sens pour eux.

V- REMARQUES FINALES

La seule analyse quantitative de la leçon pourrait nous faire croire que la leçon était assez bonne: la répartition des «sujets locaux», «références» et «liens» était 69%, 54% et 51%. Plus de 50% d'unités du protocole consacrées aux «liens», ce n'est déjà pas mal! En plus, 21% d'unités contenaient les tentatives de l'Enseignante de donner du sens aux activités qu'elle proposait aux élèves. Cependant, une évaluation du point de vue épistémologique de la leçon amène une déception. Les élèves n'avaient pas de chance de commencer à comprendre la notion de limite d'une suite pendant cette leçon.

Après ma présentation de l'évaluation ci-dessus au séminaire du CIRADE, on m'a posé la question: bon, vous nous avez convaincu que la leçon était de qualité médiocre; mais pouvez-vous nous dire quelle serait, d'après vous, une bonne leçon sur les limites? C'est la question qui ne manque jamais d'apparaître au cours de nos activités avec les enseignants.

En effet, la question n'est pas facile en même temps qu'elle est de première importance tout autant pour les enseignants que pour les chercheurs. J'avais essayé de donner quelques indications et suggestions de ce que serait, d'après moi, une bonne leçon sur les limites dans le texte écrit de ma conférence. Mais je me rends très bien compte que tout ceci est encore bien insuffisant.

RÉFÉRENCES

Dilthey, W. (1970). Der Aufbau der gechichtlischen Welt in den Geisteswissenschaften, Frankfurt A.M.

Dewey, J. (1988). Jak myslimy? PWN, Warszawa (Polish translation of «How we think?» first published in USA in 1910.

Heisenberg, W. (1989). Physics and philosophy, Penguin Books.

Heisenberg, W. (1973). Der Teil und das Ganze, R. Piper & Co Verlag, Munchen.

Moscovici, S. (1989). À propos des notions d'obstacle et conflit socio-cognitif, in: Construction des savoirs. Obstacles et conflits., N. Bednarz & C. Garnier, Eds. CIRADE., UQAM, Agence d'ARC Inc., Montréal, p. 390-398.

Ricoeur, P. (1989). Jezyk, tekst, interpretacja, PIW, Warszawa (Polish translation from: Interpretation theory: Discourse and the surplus of meaning; La tâche de l'herméneutique; La fonction herméneutique de la distanciation; La métaphore et le problème central de l'herméneutique; Appropriation).

Sierpinska, A. (1987). Humanities students and epistemological obstacles related to limits, Educational Studies in Mathematics 18, p. 371-397.

Sierpinska, A. (1990). Remarks on understanding in mathematics, Proceedings of the 14th Meeting of the CSGME, Vancouver, May 1990 (to appear).

Sierpinska, A. (1990_2). Epistemological obstacles and understanding: two useful categories of thought for research into teaching and learning mathematics, Proceedings of the 2nd International Symposium on the Research and Development in Mathematics Education, Bratislava , August 1990 (to appear).

Steinbring, H. (1988). Construction of meaning in the mathematics classroom, Talk given at the SCTP Conference, London.

Contextualisation et représentation en mathématiques

par Claude Janvier
CIRADE et Département de mathématiques et d'informatique
Université du Québec à Montréal

Séminaire sur la Représentation
6 octobre 1989 - n° 50

CIRADE, UQAM, août 1990

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR.

Remarques préliminaires

Je m'intéresse depuis plus de quinze ans au problème de l'intégration de l'enseignement des mathématiques et des sciences au niveau du premier cycle du secondaire. L'exposé d'aujourd'hui se présente comme une manière de répondre aux questions que j'accumule sur ce thème depuis autant d'années. Je n'entends pas par enseignement intégré un enseignement mieux articulé, mieux coordonné grâce à des programmes mieux structurés ou encore grâce à une meilleure concertation entre les enseignants de mathématiques et de sciences. Par intégré, je réfère à un enseignement fondé sur des situations où la mathématique se présente comme le langage de modélisation des sciences qu'il devient alors souvent difficile de distinguer la démarche scientifique proprement dite.

Mes intérêts de recherche sur le rôle des représentations graphiques dans le raisonnement mathématique et scientifique remonte à ma thèse de doctorat. Vous constaterez l'influence constante de cette préoccupation dans l'analyse présentée dans cet exposé.

Je me permets de reporter à plus tard la présentation du plan de la conférence. Il faut d'abord que je décrive les éléments de la problématique.

A) Le raisonnement arithmétique contextualisé

L'élément cristallisateur du cadre théorique que je vous expose aujourd'hui est la découverte d'une orientation de recherche ayant mené à des résultats intéressants sur l'utilisation de l'arithmétique. À la source de ma présentation se trouvent les travaux de Lave, Carraher, Schliemann et bien d'autres tous réalisés après 1980 (voir la bibliographie). Ces chercheurs ont étudié sur le terrain comment procèdent divers «utilisateurs» de l'arithmétique: tels magasiniers d'entrepôts, vendeurs de billets de loto, consommateurs au supermarché, jeunes vendeurs au marché, etc. Ils ont cherché à découvrir jusqu'à quel point l'arithmétique est effectivement utilisée, comment elle l'est et avec quel taux de réussite.

Avant de présenter les résultats, un commentaire méthodologique s'impose. Comme le mentionne le «Cockcroft Report» (1982) commentant des études semblables réalisées en Angleterre.

> Many jobs require the employee to make explicit use of mathematics - for instance, to measure, to calculate dimensions from a drawing, to work out costs and discounts... However, even when mathematics is being used, frequent repetition and increasing familiarity with a task may mean that it may cease to be thought of as mathematics and become an almost automatic part of the job. A remark which was overheard (in surveys)– • that's not mathematics, it's common sense•- is an illustration of this... page 18.

C'est ainsi que les travaux dont nous allons maintenant présentés les résultats, les chercheurs ont dû prendre en compte les difficultés inhérentes à ce genre d'études et ont eu recours à une combinaison d'entrevues et d'observations participatives.

Les résultats de ces recherches convergent. Premièrement, les sujets observés doivent effectuer de nombreux calculs arithmétiques. Et de plus, ces calculs sont effectués en pratique sans erreur. Dans le cas des consommateurs au supermarché, des erreurs se sont présentées dans 2% seulement des calculs effectués en vue d'acheter un article alors qu'un test arithmétique portant sur les quatre opérations a donné un résultat moyen de 59%. On peut à juste titre arguer que les problèmes ne sont pas les mêmes. Cependant, on a pu montrer que les mêmes problèmes repris dans un cadre scolaire ne sont pas aussi bien réussis. Par exemple, pour les jeunes vendeurs itinérants de Recife [Carraher, T. N. et al. (1985)], un test passé à l'école dans la quinzaine qui a suivi l'observation et reprenant les calculs qu'ils avaient réussis pratiquement à 100% a été raté de manière statistiquement significative.

Cette anomalie s'explique en partie par le fait que les stratégies de résolution de

problèmes utilisées diffèrent de celles introduites en classe. Les méthodes de calcul sont primitives, mais efficaces. Ainsi, la multiplication deviendra en général une addition répétée. Même si à l'école on leur a répété que pour faire 10 fois 35 on ajoute un «0», les utilisateurs se méfient des trucs scolaires. Les «contraintes» sociales commandent de ne pas se tromper. On a ainsi observé un jeune vendeur faire plutôt 105 + 105 + 105 + 35. Il est facile de s'imaginer qu'il contrôle bien 3 fois 35 ayant vendu plusieurs fois 3 noix de coco à 35 l'unité ou encore qu'il calcule avec aisance 3 fois 35 (105). On s'explique alors facilement que le «10» de 10 fois 35 est décomposé en (3 + 3 + 3) + 1. C'est ainsi que sont évacués toutes les fautes en arithmétiques qui relève d'applications fantaisistes et erratiques des algorithmes appris en classe et qui sont bien répertoriés.

Donnons un autre exemple. Dans les problèmes de règle de trois, les sujets de ces études recourent rarement au principe qui les ramène à la valeur pour l'unité. Pour le problème simple suivant: *«Si 3 pommes valent 6 francs combien valent 9 pommes?»* les enfants ne calculent pas la valeur d'une pomme mais reconnaitront qu'il a trois fois plus de pommes donc que l'on payera trois fois plus cher. C'est ainsi qu'ils évitent de combiner les unités de grandeur (ici, franc et pomme). Ce sont des procédures déjà bien décrites par Vergnaux (1983), Freudenthal (1983) et bien d'autres. Évidemment, il existe des combinaisons de nombres qui rendent cette démarche plus difficile, mais de toute façon, pour des opérations équivalentes, il a été démontré que les élèves retournent moins fréquemment à la valeur de l'unité.

Il ressort principalement de ces travaux de recherche que la **contextualisation des calculs** détermine souvent les algorithmes utilisés. En d'autres mots, leurs résultats suggèrent l'existence d'une arithmétique contextuelle dont les objets sont des quantités ou des grandeurs issues du contexte plutôt que des nombres abstraits. Dans l'exemple fourni ci-haut, plusieurs indices laissent croire que les pièces de monnaie (selon leur dénomination) déterminent les modalités de calcul tout comme la disposition des objets dans les caisses. Ainsi, le contexte qui «encadre» le calcul fournit un support au raisonnement en ce sens qu'il **détermine** le problème à résoudre, qu'il **le fait évoluer** et qu'il **donne un sens aux entités arithmétiques** considérées et aux **opérations** à effectuer.

Le raisonnement contextualisé s'oppose dans son fonctionnement aux méthodes de pensée abstraite ou générale que l'École vise à développer chez les étudiants. Alors que le système éducatif entend leur fournir des connaissances généralisables qu'ils peuvent appliquer dans le futur dans des domaines larges et variés, les recherches mentionnées ci-haut semblent indiquer que cet objectif de transmission de savoirs généraux est souvent contredit dans les faits. Nous reviendrons sur les conséquences de cette troublante affirmation en conclusion.

B) Le raisonnement mathématique contextualisé

Si le commun des mortels utilise à sa manière ou encore mieux d'une manière contextualisée l'arithmétique, en est-il de même du scientifique qui utilise efficacement les mathématiques (par exemple, dans le cas de la solution d'équations ou lorsqu'il recourt aux notions de fonction, de dérivée, d'intégrale...)

Quand je me suis posé cette question pour la première fois, il m'est revenu à l'esprit les prouesses de trigonométrie et de nombres complexes que réalisait mon professeur d'électronique de l'époque. J'avais la conviction qu'il appliquait bel et bien certaines mathématiques dans ces études de circuits. Mais, ou bien ce n'était pas les miennes ou bien il ne les appliquait pas comme je savais le faire. Dans le même cours, nous devions monter en équipe un récepteur en modulation de fréquence qui puisse syntoniser une fréquence précise. Mon co-équipier nommé Garry fit le plus gros du travail car il manipulait avec aisance une espèce d'arithmétique électronique qui lui permit de réaliser rapidement le montage. Cependant, il échoua son examen de fin d'année! Quant à moi, je sus tout juste mémoriser les bonnes formules pour le réussir sans grand brio.

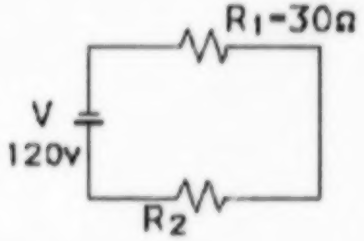
Ce sont en partie ces aventures qui furent à la source du projet de recherche que je m'apprête à démarrer tout prochainement. Soulignons qu'il portera précisément sur le raisonnement mathématique des ingénieurs et techniciens lorsqu'ils se trouvent en situation de résolution de problème face à un circuit électrique.

Un premier exemple me permettra d'illustrer mieux ce que j'entends par un raisonnement mathématique contextualisé et par conséquent de préciser les objectifs de la recherche qui démarre.

L'exemple du circuit électrique simple

Considérons le problème suivant:

On sait qu'un courant de 3 ampères parcourt le circuit illustré dans le schéma ci-dessous. Trouver la valeur de la résistance R_2 si le résistance interne de la batterie est négligeable.



D'abord, selon la pratique habituelle des cours de physique, l'étudiant cherchera à bien poser ses équations. Il faut être très peu inspiré pour écrire dans un premier temps: $V = V_1 + V_2$ pour ensuite poser: $V = R \cdot I$ et $V = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I$. Pour obtenir la dernière équation, les raisonnements sont nombreux. L'essentiel est d'arriver finalement à substituer les valeurs dans l'équation pour obtenir:

$$120 = 3 \cdot 10 + 3R_2$$

Et en résolvant:

$$120 - 30 = 3R_2$$
$$90/3 = R_2 = 30$$

Ce qu'il faut remarquer c'est surtout le fait que l'on a manipulé des équations en recourant relativement peu à l'organisation «schématique» du circuit.

Par contre, la majorité des professeurs de physique ou d'électricité sont loin de faire appel aux équations pour «résoudre» un tel circuit simple. Un semblant de mise en équation se fait **«sur le diagramme»** qui leur suffit pour établir une articulation entre les concepts impliqués: potentiel, courant et résistance (au moins). Aux équations est substituée une combinaison d'éléments graphiques fournissant une description équivalente du phénomène à résoudre. Par exemple, le technicien de notre laboratoire a eu recours à l'idée d'une **résistance totale de 40 ohms** («apparente» sur le diagramme) car 3 ampères et une différence de potentiel de 120 volts donne 40 ohms. Finalement, il

manque 10 à 30 pour obtenir 40. Il ressort donc qu'un problème n'est pas toujours résolu entièrement au niveau des équations et que les entités considérées comportent dans leur traitement des connotations contextuelles.

On remarque par ailleurs que l'on accorde toujours dans la pratique scolaire **une priorité** à la description équationnelle des relations entre les variables du circuit. Le projet de recherche que nous démarrons part du fait que le praticien ne semble pas accorder dans son raisonnement la même préséance à la représentation équationnelle du circuit et qu'il sait malgré tout manipuler les relations que ces équations «supportent».

On constate dans le cas précédent qu'un objectif de résolution de problème est à la source même du raisonnement contextualisé que ce soit en arithmétique ou en mathématique. Par contre, il semble souvent y avoir une différence fondamentale. On ne retrouve pas chez l'ingénieur ou le technicien le même souci pour la réponse précise; le recours à l'approximation est non seulement toléré mais elle est pratique courante. Constitue-t-elle par contre une des caractéristiques du raisonnement contextualisé en mathématique?

Nous sommes maintenant à même de préciser le plan pour le reste de la présentation. Nous venons tout juste de préciser l'expression raisonnement contextualisé. Nous allons maintenant, à l'aide de quelques exemples:

- examiner comment s'articule la solution avec le contexte,
- analyser le rôle des représentations tant internes qu'externes dans cette articulation.

Nous pourrons ensuite:

- montrer la nécessité de remettre en question de la notion d'application,
- expliciter les conséquences pour l'enseignement,
- exposer d'autres approches théoriques à la question,
- et conclure.

Avant de passer aux exemples, examinons les similarités entre les méthodes des professeurs de physique et celles des jeunes marchands.

1- Les deux recourent au calcul mental.
2- On remarque dans les deux cas un support concret au raisonnement (le diagramme du circuit).

3- Les deux groupes sont ramenés aux relations fondamentales (celles entre courant, résistance, différence de potentiel).
4 -Dans chaque cas, on tente de réduire la complexité de la représentation symbolique dans une formulation du problème et dans la méthode de résolution.

Doit-on voir là certaines caractéristiques générales du raisonnement mathématique contextualisé? D'autres exemples nous permettront de répondre à cette question, de préciser le cas échéant ces caractéristiques et peut-être d'en formuler de nouvelles.

L'exemple des nénuphars

Le problème suivant est une énigme qui a l'art d'en surprendre plusieurs par sa simplicité.

Un étang de nénuphars couvre une aire de 256 m^2. Les nénuphars qui la couvrent doublent leur superficie à chaque jour. Si l'étang est couvert au 7ième jour, quand était-il à demi couvert?

S'il est posé pendant les leçons de mathématiques consacrées à la fonction exponentielle, il donnera lieu chez les étudiants à une mise en équation menant à une fonction du type $p(x) = k2^x$. Les étudiants aboutiront à une équation exponentielle du type $2^x = 64$ que certains résoudront selon les règles de l'art, à savoir en utilisant les logarithmes!!!

Encore ici, on observe dans la solution auquelle recourent les étudiants une forme de braquage sur l'équation évacuant le contexte qui, absent, ne peut supporter le raisonnement. Par contre, lorsqu'on se libère des méthodes suggérées par une approche «mathématique scolaire» et que l'on se représente à l'esprit une série de taches qui couvre à chaque coup deux fois plus d'aire d'un étang imaginaire, la solution peut venir plus aisément. L'image mentale dynamique ainsi évoquée peut nous aider à associer **doubler** et **être à moitié couvert**, comme étant deux opérations ou actions inverses dans le temps.

Dans le cas du problème des nénuphars, on constate que la solution rapide et sans équation du problème s'est effectuée en remontant à la relation qui **définit fondamentalement** comment sont reliées les variables de la situation envisagée: **doubler de jour en jour** (de lendemain en lendemain) et **se découvrir de moitié** (être couvert de moitié) **de veille en veille.**

S'agit-il ici d'un raisonnement contextualisé? On constate que la solution peut ne pas dépendre d'une équation. Le support concret dans ce cas-ci se présente comme une image mentale, une sorte d'évocation abstraite d'un étang, qui permet de remonter à la relation fondamentale. Elle ne s'appuie pas sur l'équation et repose simplement sur la réalisation possible d'un calcul mental simple. Il appert donc que l'on retouve les quatre caractéristiques d'un raisonnement contextualisé sauf que le concret de la situation évoquée revêt un caractère moins matériel.

L'exemple suivant nous permettra un pas en avant dans l'analyse. Il ne faut pas croire en effet que le contexte détermine la mathématisation d'une manière unique ou en d'autres mots que les éléments du contexte ne conduisent qu'à un seul raisonnement efficace.

La taxe avant ou après

Voici un petit problème qui pose beaucoup d'ennui à mes étudiants.

Si un magasin accorde un rabais de 15%, est-il plus avantageux de faire percevoir la taxe de 10% avant ou après le rabais?

Les étudiants procèdent naturellement à une solution algébrique car le prix considéré est quelconque.

On pose x=prix de vente et on distingue les deux cas:

1) **taxe d'abord, rabais ensuite**

prix avec taxe = x + 0.10x

(On constate ici que le contexte joue en incitant à poser une somme)

prix taxé moins le rabais = (x + 0.10x) - 0.15 (x + 0.10x)

(Ici le rabais amène à poser une différence)

= x + 0.10x - 0.15 x - 0.015x

= 1.10x - 0.165x = 0.935x

2) **Rabais d'abord et taxe ensuite**
prix avec rabais = x - 0.15x
(le rabais est associé à une différence)

prix avec rabais plus taxe = (x - 0.15x) + 0.10 (x - 0.15x)
(de par le contexte, la taxe s'ajoute au prix...)
= x - 0.15x + 0.10x - 0.015x
= 0.935x

On conclut donc s'il ne s'est pas glissé d'erreur que l'on peut procéder indifféremment, il n'en coûtera pas plus cher d'un manière que de l'autre. Cependant, malgré ces calculs algébriques plusieurs restent peu convaincus et se donnent des exemples numériques!!!

Mais une autre manière de procéder nous conduit plus directement à la solution. Malgré tous les méfaits de la calculette sur les capacités de calcul des jeunes, j'ai constaté que certains jeunes vendeurs évaluaient le «prix après taxe» en n'effectuant qu'une seule opération plutôt qu'en utilisant la touche «%». Ceci est possible car ajouter 15% correspond à prendre 115% du montant ou équivaut à multiplier par 1.15. Donner un rabais de 20% est équivalent à demander 80% du montant ou à multiplier par 0.80. Cette interprétation du calcul permet d'aborder différemment la question posée.

On peut en effet écrire:

1) prix avec taxe = 1.10x
prix taxé avec le rabais = 0.85 X 1.10 x

2) prix avec rabais = 0.85x
prix avec rabais plus taxe = 1.10 X 0.85x

On constate dans ce cas qu'une interprétation différente du rabais et de la taxe nous a permis de **rester collés près du contexte** en ce sens qu'il n'y a pas eu de **réponse intermédaire** nous situant essentiellement du côté du calcul qui, dans ce cas sans être mental (caractéristique 1) est de beaucoup simplifié. Chacun des deux calculs étant consignable dans un symbole dont le sens reste près du contexte ou, en d'autres mots, **interprétable directement par les actions dans le contexte**, la conviction qui s'ensuit n'est donc que plus grande. Le support concret (caractéristique 2) au raisonnement est une forme de produit de transformation qui renvoie directement à des images mentales ou à des évocations d'actions que permet ici la mise en relation directe de deux résultats. Cependant, la conclusion qui consiste à poser l'égalité de ces deux résultats découle de la

comparaison de leur écriture symbolique (0.85 **x** 1.10x et 1.10 **x** 0.85x) par le biais de l'axiome de la commutativité reconnue comme valide par l'expérience sur les opérations numériques. C'est à ce niveau qu'interviennent croyons-nous les relations fondamentales (caractéristique 3). Quant à la réduction de la complexité de la représentation symbolique dans la formulation de la question (caractéristique 4) elle est ici évidente.

Par contre, la question posée ou celle qu'on se pose détermine le bien fondé de l'utilisation d'un raisonnement plutôt que d'un autre. Ainsi, si l'on s'était demandé ce qui est plus avantageux pour le marchand ou pour le percepteur des taxes, il aurait fallu recourir à un autre type de **rattachement du calcul au contexte donné**. En fait, le calcul des élèves aurait conduit à la réponse. Il apparaît donc que la nature de la question que l'on se pose à l'intérieur d'un contexte est également déterminante pour orienter le raisonnement mis en branle. Ceci suppose donc une souplesse dans le choix des méthodes chez «l'utilisateur averti». Ces considérations nous amènent à aborder l'exemple suivant qui est beaucoup plus un cas général.

Les mathématiques contextuelles de la croissance

La croissance peut être considérée comme une succession d'ajouts et ainsi s'imaginer comme une somme. La croissance se conceptualise donc dans un premier temps comme un **phénomène additif** car une croissance comporte un état initial (é.i.) auquel s'ajoute un accroissement (a) pour donner un état final (é.f.). On a donc la relation additive: é.f. = é.i. + a. Par exemple, si é.i= 52 et a = 8, alors 52 + 8 = 60 (é.f.).
La notion d'addition domine l'esprit de celui qui s'attaque à un problème où la croissance semble être présente. Par contre, il est possible de donner une **interprétation multiplicative** à la croissance. Il suffit alors de procéder en «pourcentage» par une mise en évidence (au sens algébrique) de l'état initial dans la relation. Dans l'exemple, on obtient:

$$60 = 52 + 8 = 52\,(1 + 8/52) = 52\,(1 + 0{,}1538) = 52 \times 1{,}1538.$$

On peut donc interpréter une croissance comme une transformation multiplicative qui affecte l'état initial. Plus précisemment, on a:

$$\text{é.f.} = \text{é.i.}\,(1 + {}^{a}/_{\text{é.i.}})$$

et ce facteur $1 + {}^{a}/_{\text{é.i.}}$ est exactement le facteur multiplicatif qui décrit la croissance entre deux instants.

Je considère que cette interprétation multiplicative de la croissance appartient en propre à plusieurs raisonnements contextualisés en sciences. On peut prendre le cas de l'intérêt composé pour lequel les manuels scolaires suggèrent le recourt à une formule, alors que la composition de cette opérateur multiplicatif grâce à la calculatrice de poche permet de résoudre la majorité des problèmes. En effet, l'utilisation de la fonction constante sur une calculatrice simple permet en effet de composer ces opérateurs multiplicatifs. Ainsi, une augmentation de 10% par année peut simplement se calculer en posant 1,10 et en pressant la touche **x** suivie d'autant de touche = que l'on considère d'années. En d'autres mots, on a:

10% d'augmentation après 1 an	correspond à	presser: **x**,	1.10
10% d'augmentation après 2 ans	correspond à	presser: **x**,	1.10, =
10% d'augmentation après 3 ans	correspond à	presser: **x**,	1.10, =, =
10% d'augmentation après 4 ans	correspond à	presser: **x**,	1.10, =, =, =

On définit donc ainsi une suite géométrique a, ar, ar^2, ar^3, ar^4, ..., ar^n. Dans ce cas, «a» est l'état initial et «r» le facteur multiplicatif définit plus haut.

L'interprétation additive met l'accent sur le processus mais l'interprétation multiplicative focalise l'attention sur le résultat qu'il caractérise par un symbole unique. En d'autres mots, le facteur multiplicatif introduit définit une transformation qui nous amène de l'état initial a_i à l'état final. L'interprétation multiplicative de la croissance nous conduit rapidement à la fonction exponentielle qui n'est alors que la composition de la croissance multiplicative. Elle joue donc un rôle central dans le raisonnement scientifique.

Il apparaît important de faire remarquer ici que les éléments du monde extérieur qui sont retenus le sont grâce au mode de calcul retenu ou utilisé. Il a donc été possible de maintenir le sens de l'opération près du contexte étape après étape non pas en recourant au calcul mental (comme nous l'avions quelquefois remarqué jusqu'ici) mais grâce à un **moyen de calcul** (la calculatrice) qui permet de garder le calcul rapproché des éléments du contexte. Il semble donc que le calcul accompagnant le raisonnement contextualisé doit s'effectuer facilement de manière à ne pas détourner l'esprit du support fourni par les représentations du contexte.

Remise en question de la notion d'application

J'estime que c'est la notion d'**application** qui doit être remise en question pour analyser correctement la notion de contextualisation. D'abord qu'entend-on par application des mathématiques en sciences? **Appliquer** les mathématiques revient à

résoudre des équations après les avoir plus ou moins laborieusement posées. Il est facile de constater qu'il existe une tradition épistémologique que la quasi-totalité des scientifiques entretiennent, tradition qui assigne un rôle aux mathématiques par rapport aux sciences en général. Selon cette manière de voir, les concepts mathématiques sont d'abord appris dans la classe de mathématiques pour être ensuite **appliqués** dans les classes de sciences. En pratique, cette entente tacite entre enseignants de mathématique et de sciences entraine un déroulement selon un scénario bien rodé: les problèmes donnant lieu à des solutions mathématiques se trouvent à la fin des chapitres et la lecture du problème permet de poser les équations qui restent ensuite à résoudre. Ce qui est important à souligner ici c'est qu'en général le travail de modélisation ou de mathématisation par lequel on associe une équation ou une famille d'équations à un phénomène relève de la présentation du professeur, les étudiants n'y sont jamais partie prenante. Cette analyse du «phénomène à décrire» qui permet d'associer des relations mathématiques à certains éléments situationnels n'est pas reprise par les étudiants. Les paramètres introduits ne renvoient donc pas pour eux aux mesures caractéristiques du phénomène à étudier.

Selon le paradigme dominant c'est donc en résolvant des équations qu'on applique les mathématiques considérées comme un système de relations abstraites, comme une série de méthodes indépendantes du phénomène considéré. Il est à remarquer que cette position ne peut être que relativement contemporaine car on n'a qu'à penser à Laplace, Gauss, Newton et bien d'autres qui combinant pensée mathématique et raisonnement scientifique était ainsi à l'abri de la compartimentation que fait surgir la notion d'application.

À l'heure actuelle, le concept mathématique a un statut en soi par rapport à d'autres concepts mathématiques et n'a donc pas de «teneur» contextuel. Après son introduction en classe de mathématique, c'est par l'application, qui viendra après, que l'on espère lui ajouter une certaine «richesse» contextuelle. Mais il arrive trop souvent (si ce n'est pas à tout coup) que la facilité du traitement symbolique interdise de remonter aux relations du phénomène.

C'est essentiellement l'organisation inter-conceptuelle des notions mathématiques qui détermine les concepts mathématiques. Qu'on pense, par exemple, à la notion de variable, qui est devenue une particularisation de la notion de produit cartésien. Les «applicateurs» semblent se condamner à faire usage, pour ainsi dire, de ces notions abstraites que le professeur de mathématiques leur lègue. Il arrive cependant par les temps qui courent que ces relations de dépendance s'embrouillent, qu'il en résulte des querelles de factions; le scientifique alléguant que le mathématicien

n'a pas préparé le bon objet. Tous savent très bien qu'il existe pour les étudiants et, ce dans la plupart des pays et depuis quelques décennies, les fonctions du cours de mathématique et celles du cours de physique. Ceci est aussi vrai tantôt pour les vecteurs, tantôt pour les fonctions logarithmiques.

Les exemples que nous avons abordés jusqu'ici illustrent à quel point certaines mathématiques ne se construisent pas en marge des relations qu'il veulent représenter sans qu'il en coûte quelque chose non seulement par rapport à l'efficacité de la solution mais aussi par rapport à la possibilité même de résoudre un problème. Certaines mathématiques ne sont jamais tout à fait abstraites chez leur utilisateur.

Comparaison entre application et contextualisation

Dans les exemples traités précédemment, on se trouve très tôt dans le domaine abstrait des mathématiques comme l'illustre la figure 2.a et on peut alors en utilisant ses méthodes aboutir à des conclusions. Ce qu'il faut principalement remarquer c'est que le travail mathématique se fait essentiellement sur les équations, sans recours aux réalités sous-jacentes ayant permis l'établissement des équations. Les exemples présentés jusqu'ici nous ont fait voir que le raisonnement contextualisé se substituant à l'équation vise à **rapprocher** les opérations effectuées sur celles-ci des caractéristiques du contexte grâce au support défini par le contexte: diagramme, description verbale, image mentale, opérations gestuelles. En d'autres mots, un raisonnement mathématique contextualisé rapproche les deux côtés du diagramme de la figure 2.a pour donner la figure 2.b. Le problème abordé n'est donc plus exclusivement résolu en se situant dans la région de droite, en n'utilisant que les processus mathématiques sans référence au contexte. C'est alors que les équations sont tantôt simplifiées, tantôt réorganisées si elles ne disparaissent pas totalement.

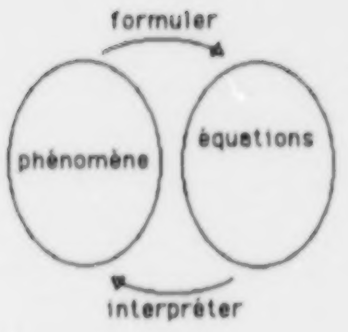


figure 2.a
Dans les applications, travail dans le domaine mathématique.

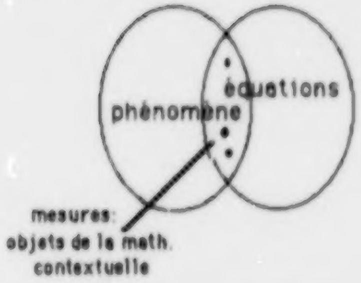


figure 2.b
La contextualisation rapproche les deux côtés du diagramme.

Le raisonnement mathématique contextuel «oeuvre» précisément dans l'intersection des deux domaines des figures 2.a et 2.b tout en pondérant cette affirmation par le fait que ces diagrammes ont un caractère plutôt illustratif. Ils nous permettent quand même d'apprécier la place particulière qu'occupent les mesures, les nombres contextualisés qui sont les objets de la mathématique contextuelle: à l'intersection de la mathématique et de la réalité dans un processus de résolution de problème.

Représentations et contextualisation

J'ai jusqu'ici insisté sur le fait qu'une certaine utilisation du contexte nous permettait de remonter directement **aux relations fondamentales** tout en simplifiant le recours aux formules algébriques. Nous nous proposons maintenant d'examiner comment s'organise l'articulation des représentations dans la structuration ou systématisation à la source du raisonnement contextualisé.

Faisons remarquer d'abord que dans nos exemples, le raisonnement contextualisé a opéré sur des problèmes relativement bien définis. Toute la **dimension importante de la formulation** n'a pu être touchée étant donné l'absence de recherche dans ce domaine particulier. Il est facile de supposer qu'à ce niveau une préséance du contexte amène des manières non standards ou non scolaires de définir les problèmes.

Il reste donc à incorporer dans notre réflexion tout cet aspect de la dynamique de résolution de problème que Lave (1984), par exemple analyse finement dans le cas du raisonnement arithmétique contextualisé.

La question que cet exposé aborde est plutôt celle de la reformulation ou la transposition du problème dans une modalité représentationnelle conduisant plus facilement à une solution. Le raisonnement contextualisé s'appuie sur des représentations externes renvoyant directement aux représentations internes issues du contexte et caractérisant le problème abordé. Le contexte doit être distingué de ses représentations internes dont la fonction est de circonscrire les éléments pertinents aux problèmes considérés. C'est ainsi que la connaissance du contexte, la familiarité qu'on en a sont des éléments capitaux dans la sélection, la combinaison et l'articulation des représentations internes et externes retenues et dont les relations gagneraient à être mieux étudiées. Ces représentations du raisonnement contextualisé permettent de mieux mettre en relief les relations essentielles ou fondamentales, servent aussi pour organiser la solution (ou encore la mise en oeuvre du processus de résolution), la baliser, la diriger.

En résumé, en réalisant une certaine proximité entre la situation et sa représentation grâce à des **images mentales** différentes ou plus riches, ou encore par des **diagrammes**, des **schémas**, des **descriptions verbales** plus évocatrices, des **gestes**, des **simulations**. Le raisonnement contextualisé favorise l'articulation des variables concernées et contribue au succès du processus de résolution.

Conséquences pour l'enseignement

Comme le précise le rapport Cockcroft:

> It is important that the mathematical **foundation** which has been provided in the classroom should be such as to enable **competence** in **particular applications** to **develop** within a reasonably short time once the necessary employment situation is encountered.

Rappelons que cette recommandation figure dans un rapport énonçant des principes d'actions résultant d'une enquête menée auprès d'une vaste audience au Royame Uni et devant conduire à une réforme dans l'enseignement des mathématiques. Le cadre théorique élaboré dans cette présentation ne remet pas en question la solution présentée par la commission Cockcroft, mais la situe dans un perspective renouvelée qui permet de mieux décrire la nature des problèmes observés et les caractéristiques des actions à entreprendre dans le milieu éducatif. En effet, tout l'exposé nous permet,

croyons-nous de donner un sens plus précis à l'expression **mathematical foundation that could be provided.** Il m'est par contre permis de douter que ce qui est désigné sous le vocable de **mathematical foundation** soit vraiment rapprochable de la pratique habituelle des enseignants de mathématiques. La question reste cependant entière de savoir comment permettre aux étudiants d'arriver assez rapidement à une **competence for dealing with particular applications.** Puisque la pratique de plusieurs utilisateurs n'est pas principalement le fruit d'une particularisation de ce qui est appris à l'école, on n'est pas beaucoup plus à même de définir ce qu'on peut entendre par cette base que Cockcroft recommande. L'argumentation de cet exposé nous conduit à proposer que les programmes et les méthodes d'enseignement facilitent l'introduction en classe des processus de pensée caractérisant le raisonnement contextualisé.

Il faut donc que l'enseignement se renouvelle de manière à retenir l'utilisation de situations permettant la solution en classe de problèmes signifiants. En d'autres mots, il faut **introduire le contexte** en classe de mathématique. L'objectif général de l'enseignement des mathématiques (jusqu'au niveau secondaire 3 ou 4 en tout cas) consisterait à familiariser les élèves avec un grand nombre de contextes généraux et englobants. Les quelques exemples connus dont USMES (1973) [voir aussi Lomon 1975)] nous permettent même de fixer des balises à cette entreprise. En fait, cette familiarisation du contexte et de sa mathématique sous-jacente devrait se faire d'une manière lente et progressive. Comme nous l'ont montré les exemples, il ne sert à rien de se presser vers les outils puissants (tel les équations dans le cas des circuits) car on ne fait que court-circuiter la familiarisation nécessaire avec les relations connectant contexte et mathématique. En d'autres mots, la familiarité avec le contexte exige une implication soutenue et constante fondée sur un processus de modélisation simple. L'objectif n'est plus de formuler un principe général (consignable dans une représentation puissante telle l'équation) mais plutôt d'explorer en profondeur et dans plusieurs directions des relations fondamentales à l'aide de représentations différentes mais efficaces.

La nature des habiletés à développer et l'introduction de contextes en classe amènent directement à la nécessité de retenir une forme d'enseignement axée sur l'intégration des disciplines scientifiques (sciences physiques comme sciences de la nature) réalisée par le biais d'une approche par résolution de problèmes concrets. Il faut que les étudiants soient confrontés à des situations qui les captivent, qui les interpèlent. Bien entendu, un élargissement des programmes doit être envisagé.

Les conditions de réalisation de ces objectifs sont plus faciles au niveau primaire qu'au niveau secondaire où existe un partage disciplinaire des responsabilités. Donner

une plus grande importance au contexte signifie donc pour l'enseignant de mathématiques l'introduction de situations pertinentes dans ces cours, mais aussi l'enseignant de sciences doit repenser l'utilisation des mathématiques dans ses cours. Il devrait pouvoir s'affranchir davantage des méthodes mathématiques traditionnelles.

Évidemment, il faut concevoir les leçons d'une manière différente. Elles ne sauraient être finement programmées. Puisque les contextes entraînent l'examen de questions ouvertes, les démarches suivies par les élèves ne peuvent être que sommairement balisées. Les enseignants ont donc besoin d'un support non négligeable pour assumer avec aisance ce rôle renouvelé. Les manuels scolaires sont à reviser totalement. En considérant la signification des concepts comme devant être construite sur une base individuelle mais de manière à les rendre socialement efficace, c'est toute la gestion de la classe qui s'en trouve transformée. Il faut donc pouvoir ajouter au cours magistral traditionnel, tout l'arsenal de méthodes alternatives: travail par équipes, simulation sur ordinateur, sorties... Chaque groupe devrait ainsi pouvoir disposer d'un laboratoire leur permettant de construire, de mesurer, d'estimer, de prédire en relation avec les contextes divers qui sont retenus.

Voilà un plan étourdissant mais qui ne saura être réalisé sans que les moyens d'évaluation soient révisés en profondeur. Il faut en effet se méfier en éducation des projets dont les produits ne sont pas facilement et directement évaluables. En fait, l'école est dans la grande partie de ses activités contrôlée par ses examens, tests, épreuves de toutes sortes qui viennent déterminer son organisation. Si le raisonnement contextualisé qui n'est qu'une forme particulière de résolution de problèmes doit s'établir comme un objectif à atteindre, il faudra que les moyens d'évaluer sa maîtrise soient créés simultanément à la pédagogie qui en assurera son développement.

D'autres essais de théorisation

Beaucoup de questions portant sur les programmes, les méthodes d'enseignement principalement dans les pays en voie de développement ont entraîné dans les années 1980 des réflexions et des études sur, d'une part, la mathématique, son enseignement, son apprentissage et, d'autre part les facteurs sociaux tels la langue, les coutumes... Ainsi a-t-on vu apparaître le mot ethnomathématique pour désigner dans les congrès de didactique le «lieu de rencontre» de ces interrogations. Le congrès de l'ICME tenu à Budapest en 1988 a même mis à son programme un atelier dont est issu un volume illustrant la variété des questions débattues et surtout la diversité des approches retenues: Bishop (1988) fait une bonne synthèse des réflexions à ce jour. [voir Keitel (1989)] À l'exception des travaux de Carraher, Schlieman et quelques autres déjà traités

précédemment, les considérations exposées sont principalement d'ordre social, philosophique, linguistique... plutôt que cognitiviste.

Pour fournir un aperçu des grandes catégories présidant à cette analyse, nous avons retenu un article récent de Brown, Collins and Duguid (1989) intitulé: Situated cognition and the Culture of Learning. On constate dans le titre que ces chercheurs centrent leur réflexion autour de la notion de «situated cognition» et de «situated learning», que l'on peut grosso modo rapprocher de la notion de raisonnement contextualisé présenté dans ce texte. La notion de «situated knowledge» est immédiatement rattachée à la notion d'**activités authentiques** qui sont le propre des praticiens. Cette authenticité est définie au niveau des échanges entre individus et suppose un **concensus** principalement déterminé par les acteurs principaux. On constate que les aspects cognitifs ne sont considérés de manière à incorporer le rôle des représentations dans l'apprentissage. Un concept central est cependant celui de **représentations indexicales.** Le vocable **index** est utilisé dans ce sens que certaines désignations **montrent** implicitement dans certaines directions pour «encadrer la sémantique». Cette approche principalement sociale et conduit à considérer la connaissance principalement comme une culture et l'apprentissage comme à un processus «**enculturation**» (nous conservons le mot anglais).

L'analyse du présent exposé fait beaucoup pour clarifier les questions qu'une analyse de caractère social laisse en plan. C'est ainsi par exemple que nous avons formulé des lignes d'actions précises tout à fait conforme avec l'objectif pédagogique général de ces auteurs: *frame a convincing account of the relationship between explicit knowledge and implicit understanding.*

Le raisonnement contextualisé que nous avons introduit dans cet exposé correspond à une approche plus cognitive au connaissance du praticien et débouche naturellement sur le rôle des représentations dans les processus de pensée. Il est donc en quelque sorte complémentaire car il a pour effet de tendre à expliquer le comment de la compréhension implicite de «groupes culturels» par une analyse fine des représentations utilisées.

Les positions de cet exposé et celles de Brown, Collins and Duguid (1989) également constructivistes sont à rapprocher de celle de Moscovici qui a étudié la connaissance scientifique en ce qu'elle est à la source de représentations sociales caractérisant la connaissance «populaire» scientifique. La notion de vulgarisation du savoir scientifique s'y trouve finement étudiée comme une forme de transposition du savoir savant pour et par des non-initiés intéressés. Cependant, le praticien se

distingue par le fait qu'il est dans une situation régulière de résolution de problèmes et de vérification empirique de son savoir. Le non-initié est plutôt à la merci d'une spéculation peu compromettante et peu déterminante. Sa connaissance en tant qu'ensemble de modèles explicatifs est plus instable et moins «active». Les catégories interprétatives de Moscovici visent plutôt l'étude d'un phénomène autre que nous prenons quand même la peine de souligner.

Les considérations de nature principalement sociale rendent évidemment l'analyse de la contextualisation des savoirs et de ses conséquences pour l'enseignement très complexe. En plus de ces contextes à introduire en classe, doit-on provoquer l'apparition de «communauté de savoir» pour chaque centre d'intérêt, quelle doit être la portée de ce regroupement social. Même si l'opérationalisation de ces réflexions reste à formuler, il nous apparaît important de retenir qu'une dimension importante du raisonnement contextualisé est le fait qu'il ne soit pas seulement individuel. En effet, même s'il se développe chez le praticien en situation de résolution de problème, il conviendrait d'examiner comment son élaboration dépend également de la communauté d'échanges à laquelle il appartient.

Conclusion

Que devient l'enseignement des mathématiques dans cette perspective? J'estime que les réflexions de cet exposé nous suggèrent de faire en sorte que la mathématique comme une science enseignée à l'école n'apparaisse contextualisée que tardivement à l'intérieur de nos programmes. Le contexte utilisé pour développer cette science mathématique ou encore son objet d'étude serait précisément cette mathématique contextualisée ou ces raisonnements contextualisés que nous avons tenté de décrire dans notre exposé et que plusieurs, dont de Lange (1987) qui s'est attardé aux "realistic mathematics", hésite à qualifier de mathématique.

Ainsi, les mathématiques utilisées par les utilisateurs décrits dans l'exposé pourraient peut-être être désignées par le vocable de pré-mathématiques contextuelles si nous voulons éviter les foudres des puristes qui ne voient pas (et à juste titre) de mathématiques sans un certain niveau d'abstraction.

Bibliographie

Bishop, A.J. (1988). *Mathematical Enculturation. A cultural Perspective on Mathematics Education* (Mathematics Education Library). The Netherland: Kluwer Academic Publishers.

Brown, J.C., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher, 18*,(1).

Carraher, D.W., Carraher, T.N., & Schliemann, A.D. (1986). Having a Feel for Calculations. In *Mathematics for All*. Science and Technology Education, Document Series No 20, edited by Peter Damerow, Mervyn E. Dunkley, Bienvenido F. Nebres, and Bevan Werry. Paris: Unesco.

Carraher, T.N., Carraher, D.W. & Schliemann, A.D. (1985). Mathematics in the Streets and in Schools. *British Journal of Developmental Psychology*, *3*, 21-29.

Cockcroft, W.H. (1982). *Mathematics Counts*. Report of the Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools. London: Her Majesty's Stationery Office.

D'Ambrosio, U. (1989). What can we Expect From Ethnomathematics? In C. Keitel (Ed.), *Science and Technology Education: Mathematics, Education, and Society* (pp. 192-193). Paris: UNESCO.

De Lange, J., Verhage, H.B. (1987). Math. A and its achievement testing. Proceedings of P.M.E.-XI Conference. (Eds) Bergeron, J.C., Herscovics, N., & Kieran, C. Montréal, août.

Freudenthal, H. (1983). *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*. Dordrecht, Netherlands: D. Reidel Publishing Co.

Lave, J., Murtaugh, M., & de la Rocha, O. (1984). The Dialectic of Arithmetic in Grocery Shopping. In B. Rogoff and J. Lave (Eds.), *Everyday Cognition: Its Development in Social Context* (pp. 67-94). Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Lomon, E. et al. (1985). Real problem solving in USMES: Interdisciplinary education and much more. School Science and Mathematics. Jan. 53-64.

Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., & Behrens III, W.W. (1972). *The Limits to Growth*. London: Earth Island.

National Council of teachers of Mathematics, (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, Va.: The Council.

National Research Council, (1989). *Everybody Counts: A Report to the Nation on the Future of Mathematics Education*. Washington, D.C.: National Academy Press.

Vergnaud, G. (1983). Multiplicative Structures. In R. Lesh and M. Landau (Eds.), *Acquisition of Mathematics Concepts and Processes* (pp. 127-74). New York: Academic Press.

(1973): The U.S.M.E.S. Guide. Education Development Centre, Newton, Mass.

Compréhension des problèmes à l'élémentaire et gestion mentale

par Alain Taurisson
Département de mathématiques et d'informatique
Université du Québec à Montréal

Séminaire sur la Représentation
27 octobre 1989 - n° 51

CIRADE, UQAM, décembre 1990

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR.

La réussite d'un travail manuel provient directement de la qualité des gestes qui permettent sa réalisation. Le joueur de tennis améliore son jeu en modifiant sa prise de raquette, en travaillant sur le geste qui le conduit à frapper sa balle. Le travailleur intellectuel lui aussi fait des gestes, des gestes invisibles, des gestes mentaux qui lui permettent de manipuler mentalement des données et des concepts.

Si les conditions d'existence de ces «gestes mentaux» étaient définies, si la description des «bons gestes mentaux» était possible, le travail de l'enseignant consisterait, pour une grande part, à demander à l'élève d'exercer ces gestes mentaux ou à le placer dans une situation où il doive et puisse le faire. Il peut donc sembler du plus grand intérêt pédagogique de tenter de faire une description des gestes mentaux et de dévaluer le lien entre l'existence et la nature des gestes mentaux et la compréhension en mathématiques.

Cette vie mentale n'est pas directement accessible. Quelques-unes de ses manifestations le sont. Il faut cependant avoir recours à une certaine introspection, il faut la participation du sujet qui est aussi objet d'étude. Dans ces conditions, c'est par exemple la répétition des mêmes observations effectuées dans des lieux différents par des personnes différentes qui peut permettre d'en établir l'objectivité.

Évocation, perception, gestes mentaux

Il faut préciser ces termes, que j'emploierai par la suite. Les définitions que je vais en donner proviennent directement des travaux d'Antoine de la Garanderie.

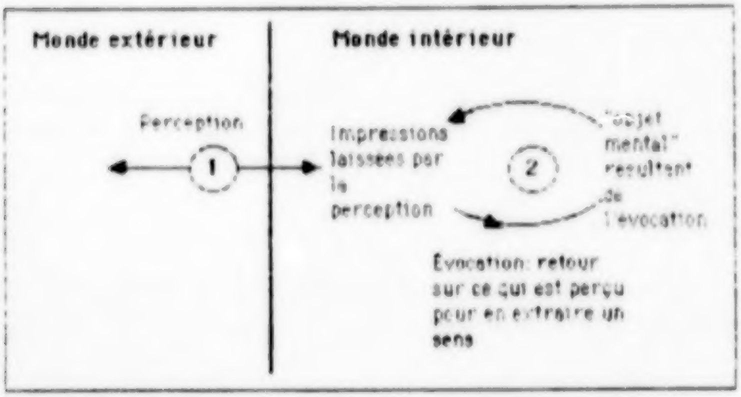
Perception et évocation

Le sens donné dans la suite à ces deux mots ne correspond pas au sens qu'on leur donne souvent dans la littérature.

- Je me promène dans la rue, mon regard passe sur ce qui m'entoure. Je ne recherche rien de particulier. Ce regard va peut-être laisser en moi des traces visuelles, sonores, olfactives. Ces impressions sont le résultat de la *perception* que j'ai eu de la rue dans laquelle je me trouvais.

- Imaginons que je sois dans la même rue et que je veuille savoir quand cette rue a été construite. Je regarde la rue mais je reviens activement sur ce que je perçois

pour trouver des indices qui vont me permettre de dater ces maisons. *Ce retour actif sur ce que je perçois constitue une évocation.* Il nous est tous arrivé de lire un article d'un journal sans avoir la moindre idée de son contenu. La perception de l'article s'est faite, mais le retour actif sur ce qui a été lu ne s'est pas fait et nous n'avons pas pris conscience du sens. Quand nous lisons quelque chose de facile et d'habituel, l'évocation se fait sans effort et presque instantanément. Dès que le texte est plus difficile, le temps de l'évocation est plus nettement distingué du moment de la perception. Au moment de l'évocation, ce qui est perçu est transformé: un texte peut être transformé en images visuelles, un schéma peut être décrit par une voix intérieure, la sienne propre ou celle d'un autre. La lecture se trouve doublée par la voix de celui qui lit, les images qui traversent l'esprit peuvent représenter directement ce qui est lu mais elles peuvent naître aussi d'associations génératrices d'une certaine signification. La compréhension provient toujours de cet *écho construit* et non pas simplement d'un *calque de la réalité*. Le sens apparaît au moment où l'évocation produit un objet mental, une représentation qui n'est pas une *impression* laissée par l'objet réel mais une *reconstruction mentale* effectuée à partir de l'impression laissé par la perception.



La prise de conscience du sens se fait au temps 2, c'est-à-dire au moment du retour sur ce qui est perçu, les objets mentaux construits à cette occasion peuvent être de nature très différente des objets perçus.

Un geste mental

Au moment d'évoquer, on peut se donner l'image visuelle de ce qui est dit. Ce mouvement de l'esprit constitue *un geste mental*. Alors que j'écoute quelqu'un parler, je peux me réexprimer à partir de mon vocabulaire ce qu'il dit, et le rattacher à mon expérience personnelle. Voici un autre geste mental. Alors que j'entends «3 fois 5», je me donne l'image de 3 rangées de cinq carrés, ou je me redis mentalement 3 fois en écoutant le son imaginé de ma voix, ou encore je me redonne l'image de la table par 3 que j'ai apprise la veille: autant de gestes mentaux très élémentaires qui me permettent de rattacher «3 fois 5» à quelque chose de familier. A. de la Garanderie définit un geste mental comme un mouvement structuré de l'esprit, mouvement portant sur des images, des mots, des sons. Ce «mouvement de l'esprit» permet d'effectuer, de transformer des objets mentaux, de les associer, de les comparer. On peut parler de transformations virtuelles sur des objets mentaux. Un geste mental peut donc porter sur l'impression laissée par la perception, mais aussi porter sur un ou plusieurs «objets mentaux» déjà construits lors d'évocations précédentes.

La nature des «objets mentaux», le type d'évocation et l'aptitude scolaire

Nous percevons à partir de nos sens. Les impressions laissées par la perception sont donc d'une nature fortement reliée au sens qui a produit cette impression: visuelle, auditive, olfactive, tactile, gustative. Le langage mathématique est fait de choses dites ou vues, autrement dit le résutat de la compréhension en mathématiques se manifeste par une image ou par des mots ou par une combinaison des deux, que l'impression de départ soit visuelle, tactile ou auditive. De même le mouvement, lien entre l'espace et le temps, est codé au moyen de l'image et du langage ou par une combinaison des deux. Il est donc naturel de s'attarder aux évocations de types visuelle et auditive ou verbale quelque soit la nature de ce qui est perçu.

Un autre point très important est que la nature de l'objet évoqué ne dépend pas directement de la nature de l'objet perçu. Ce qui est dit pourra être évoqué visuellement, ce qui est vu pourra l'être verbalement.

Les habitudes mentales

Bien plus, les individus semblent contracter très tôt des habitudes évocatives: certains utilisent plus les images pour évoquer ce qu'ils perçoivent, d'autres utilisent plus volontiers une évocation verbale ou auditive. Mais il faut nuancer cette dichotomie de plusieurs façons:

A. de la Garanderie introduit 4 *paramètres* correspondant à 4 types d'opérations mentales[1]:

Opérations simples:

P1-Évocation des choses, des êtres, des scènes, des gestes.

P2-Évocation des mots.

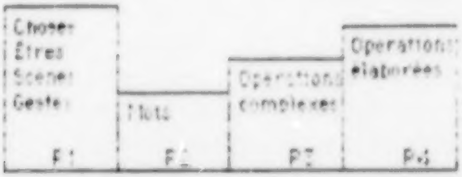
Opérations complexes:

P3-Évocation des rapports et des relations.

P4-Évocation en complétant, en prolongeant, en innovant.

Chacune de ces opérations peut être évoquée visuellement ou auditivement. On peut donc imaginer quelqu'un évoquant visuellement P1, auditivement P2, visuellement P3 et auditivement P4. Chaque paramètre peut aussi être évoqué un peu visuellement et beaucoup auditivement, ou le contraire. On obtient ainsi des «profils pédagogiques» que l'on peut représenter de cette façon:

Exemple: auditif



On peut déduire de ce profil que cet élève apprend facilement par coeur, assez bon en narration quand il ne s'agit pas d'un récit descriptif. Il ne sait pas observer, a des problèmes en mathématiques: voir les profils pédagogiques, p. 128.

À partir d'un profil établi tiré d'une entrevue, il est possible de faire le lien entre ces habitudes évocatives et la réussite et l'échec scolaires dans des secteurs précis. Ces profils pédagogiques ont montré leur efficacité comme moyens d'analyse d'une situation scolaire. La corrélation entre le profil et la réussite ou l'échec d'un élève dans une discipline donnée permet d'affirmer qu'il existe bien un lien entre la nature de l'évocation et l'aptitude scolaire dans une discipline.

Dire que les habitudes évocatives se contractent tôt ne veut pas dire qu'un auditif n'utilise jamais d'images visuelles ou qu'un visuel n'utilise jamais d'images auditives. En particulier quelqu'un d'un peu créateur en mathématiques est dans la plupart des

[1] «Les profils pédagogiques», Le Centurion, p. 102 et suivantes.

cas, contraint de jouer sur les deux modes. Un auditif peut apprendre à se donner et à gérer des images visuelles, mais il ne le fait pas n'importe comment. Il apprendra à se donner ces images à partir des mots. Il compensera la difficulté qu'il a de se donner des images globales en se donnant une succession d'images locales. Un visuel peut apprendre à commenter des images visuelles en apprenant à les décrire et donc en introduisant le temps dans une image perçue pourtant globalement au départ. D'ailleurs rien ne satisfait tant un auditif que de traduire visuellement ce qu'il comprend alors qu'un visuel peut ressentir la même satisfaction à décrire verbalement ce qu'il ne percevait que globalement. Le point d'arrivée de l'auditif pourrait même servir de point de départ au visuel et réciproquement. Un enfant qui réussit très bien apprend en général à faire cette gymnastique. Cependant, il partira toujours de son mode dominant pour aller vers l'autre.

Quelques composantes des habitudes mentales et des moyens pour les déterminer

Les composantes des habitudes évocatives qui suivent ont été choisies pour leur importance dans la résolution des problèmes et dans le processus d'apprentissage. Cette liste ne prétend pas être complète. Ces points sont abordés au cours d'une entrevue semi-dirigée. En italique, j'indique des moyens de parvenir à déterminer le type d'évocation et je fais quelques commentaires.

1. Évocation auditive

Évocation auditive d'un texte

1- *Lecture d'un texte contenant des noms de personnages, des descriptions, des indications de sentiments, des actions enchaînées.*
   L'élève raconte ce qu'il retient du texte.
   S'il retient les noms des personnages, l'enchaînement des actions et les sentiments, il y a présomption d'évocation auditive. S'il retient surtout les descriptions, et rapporte les actions sans tenir compte de l'ordre chronologique, il y a présomption d'évocation visuelle.
2- *Lecture du texte avec évocation dirigée. Je demande à l'élève d'évoquer auditivement. Comparaison avec le résultat de la première lecture.*
   Il est important aussi de savoir si les enfants se racontent facilement des histoires dans leur tête quand ils sont seuls. Quand ils sont auditifs, il est important aussi de savoir s'ils se font, ou non, des images visuelles quand ils lisent, à partir des mots évoqués. Faire une évocation auditive ne veut pas

obligatoirement dire qu'il n'y a pas d'images visuelles, ceci veut simplement dire que le mot précède l'image.

Évocation auditive d'une image visuelle statique

Évocation libre d'une image. L'élève la regarde pour la retenir. Il décide du moment où il est prêt. Dessin de l'image. L'élève explique comment il a fait pour la retenir. Un temps très bref d'observation de l'image est aussi un signe d'une tentative d'évocation visuelle. Une évocation auditive est plus longue et dans ce cas il est très difficile pour l'élève de modifier l'ordre dans lequel il fait le dessin. Il est possible que l'évocation soit totalement auditive, c'est-à-dire que l'élève n'ait aucun souvenir de l'image elle-même.

Une évocation auditive consiste aussi à donner un sens concret à une image abstraite, et même à imaginer des actions sur cette image. On est beaucoup plus près alors d'une évocation de type associatif.

Évocation auditive d'une image visuelle en mouvement

Observation d'une image sur un écran d'ordinateur. Possibilité de raconter comment l'image s'est construite en respectant le déroulement chronologique sans pour autant être obligé de refaire «comme l'ordinateur».

Textes entendus et textes lus

Comparaison de l'efficacité de l'évocation auditive d'un texte lu ou d'un texte entendu.

Mémoire auditive

Court terme

Texte évoqué phrase à phrase. Chaque phrase est redonnée immédiatement.

Long terme

Toute l'histoire est redonnée après la lecture complète du texte.

Verbalisation / Reformulation

L'évocation passe-t-elle le plus souvent par une reformulation personnelle ou par une réitération.

La reformulation peut être une reconstruction complète du texte qui n'a qu'un rapport lointain avec le texte initial. On est alors dans une évocation associative du texte. Les enfants qui élaborent de cette façon à partir du texte ont beaucoup de mal à rester dans le cadre imposé d'un énoncé mathématique.

2. Évocation visuelle

Évocation visuelle d'un texte

Voir évocation auditive. L'évocation dirigée est visuelle.

Comparaison de son efficacité avec l'évocation auditive.

Il peut arriver que les images suscitées lors de l'évocation visuelle ne soient pas celles qui reviennent au moment de le redonner.

Évocation visuelle d'une image visuelle statique

1- Évocation libre de l'image.

2- Évocation visuelle dirigée d'une image. Comparaison des résultats.

Même une évocation visuelle est accompagnée d'une certaine description. Les artistes dessinateurs par exemple parviennent à annuler ce processus verbal de description associé à l'image. Une évocation visuelle d'une image consiste à vouloir saisir l'image globalement et à placer la description verbale en second plan.

Évocation visuelle d'une image visuelle en mouvement

Difficultés pour raconter comment l'image s'est construite mais facilité à faire comme l'ordinateur.

Image visuelle imaginée (visualisation)

Capacité de se donner des images qui ne sont pas la reproduction d'une image présentée.

Mémoire visuelle

Cour terme

Évocation d'une suite d'images, image par image.

Long terme

Raconter à partir de l'ensemble évoqué.

Décodage de l'image

Schéma correspondant à une notion du niveau de l'élève. Facilité pour comprendre le langage visuel sur le schéma.

Lien entre l'évocation visuelle et l'évocation auditive

Même texte évoqué auditivement et visuellement: une deuxième évocation d'un type différent complète-t-elle la première évocation ou l'élève donne-t-il deux versions complémentaires?

Évocation d'actions faites par d'autres

Actions vues - Actions faites

Capacité à refaire des actions décrites par un autre.

Capacité à refaire des actions faites par un autre.

3. Stabilité des habitudes évocatives

Il est possible qu'un enfant pratique une évocation complètement différente en mathématiques et dans une autre discipline ou dans le reste de sa vie scolaire, ou encore dans sa vie quotidienne. Ce peut être le signe qu'il adapte son évocation à l'activité qu'il doit faire, c'est le cas favorable. C'est plus souvent le signe que dans certaines matières il est dépossédé de ses moyens naturels de compréhension, ce qui est assez fréquent en mathématiques.

4. Évocation et mémoire

Si l'évocation a un rapport étroit avec la mémorisation, l'évocation n'est pas un geste de mémorisation mais est le préalable à la compréhension. Il ne faut donc pas seulement évaluer l'évocation dirigée vers la mémorisation. Par exemple, face à un schéma, c'est la façon de l'interpréter qui est révélatrice du style d'évocation et non pas la façon de le mémoriser. La méthode pour tenter de mémoriser est seulement révélatrice d'une certaine habitude. Il peut y avoir des distorsions comme j'ai pu le constater.

Enfin, les façons d'aborder un problème sont très révélatrices comme on va le voir. Une partie de l'entrevue consiste à poser quelques problèmes, à observer les façons de les résoudre, à proposer au besoin des types de solutions et à considérer l'efficacité de ces stratégies pour l'élève.

La connaissance des points précédents permet d'orienter les interventions faites auprès des enfants, en particulier des enfants en difficulté.

Ces quelques préliminaires posés, je voudrais maintenant revenir aux mathématiques à l'élémentaire et explorer plus avant les liens entre évocation, représentations mathématiques et résolution de problèmes.

PARTIE 1

Le style d'évocation et les stratégies de résolution de problèmes

Énoncé narratif ou énoncé schématique

- Au primaire, un énoncé se présente le plus souvent sous la forme d'un texte qu'on peut lire ou d'un dessin qu'on peut montrer ou voir. L'énoncé narratif introduit explicitement le temps et se présente comme une histoire inachevée où dans laquelle manque un élément important.
- Un énoncé présenté sous forme schématique ou géométrique se présente comme une image dans laquelle une partie est cachée ou manque.
- Dans le premier cas, il faut trouver la fin de l'histoire ou la partie de l'histoire qui manque. Dans le deuxième cas, il faut reconstituer la partie de l'image absente du dessin. Dans les deux cas, résoudre le problème consiste à mettre en évidence une relation entre ce qui est raconté et ce qui n'est pas raconté dans le premier cas, et ce qui est montré et ce qui est caché dans le deuxième cas. La différence entre ces deux situations est que la relation dans le premier cas va être présentée de façon temporelle alors qu'elle est présentée de façon spatiale dans le deuxième cas.

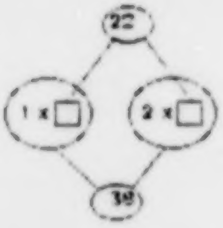
Exemple d'un énoncé narratif:

Au cours de la saison de soccer, les points sont attribués de la façon suivante:
- L'équipe gagne, elle marque deux points.
- L'équipe fait match nul, elle marque un point.
- L'équipe perd, elle ne marque pas de point.

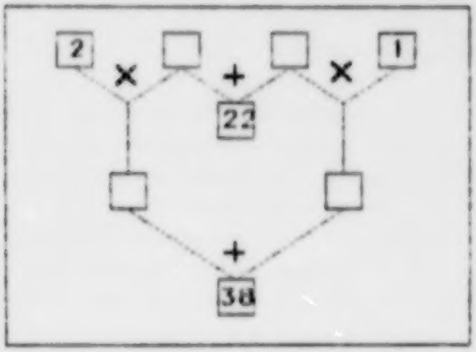
L'équipe a joué 22 matchs et n'en a perdu aucun. Elle a obtenu 38 points. Combien a-t-elle gagné de matchs?

Comprendre ce problème de façon «auditive», c'est savoir **quand** interviennent les nombres 2, 1 et 0 (quand l'équipe a joué, selon le résultat du match), **quand** interviennent les nombres 22 et 38: ces nombres interviennent à la fin de la saison, l'un exprimant le nombre de parties jouées, l'autre le nombre de points obtenus.

Comprendre ce problème de façon «visuelle», c'est par exemple établir des liens entre l'ensemble des nombres 1, 2, 22 et 38. Ce peut être traduire le problème de cette façon:



Exemple d'un énoncé schématique: voici le même problème présenté sous forme schématique



Comprendre ce problème, c'est d'abord décoder le langage visuel: il faut trouver les nombres placés dans les cases blanches, le signe de l'opération porte sur les cases se trouvant au-dessus et jointes par deux traits. Le résoudre de façon «verbale», c'est «imaginer» qu'il y a un ordre dans la lecture du graphe: on commence donc par placer des nombres dans les cases supérieures, puis on fait en déduit le contenu des cases inférieures. Le résoudre visuellement, c'est prendre le problème globalement et commencer par faire des observations sur la parité des nombres, puis écrire les possibilités de chaque côté du graphique, observer encore globalement et éliminer encore certains nombres.
Selon la représentation 1 ou 2, le travail mental initial de compréhension du problème est très différent. La plupart des élèves ou des adultes ne prennent même pas conscience de l'équivalence des deux énoncés.

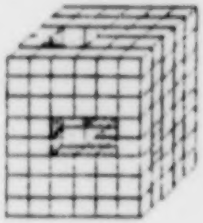
Un énoncé narratif fait intervenir des actions et des nombres. Comprendre cet énoncé, en se plaçant dans le cadre temporel de l'énoncé, **c'est faire le lien entre les nombres et le déroulement des actions décrites.** C'est se dire «tel nombre intervient à tel moment, après que telle action se soit déroulée et avant telle autre.» Comprendre un énoncé schématique ou géométrique en se plaçant dans un univers spatial, **c'est faire une analogie entre divers éléments de la figure ou modifier la figure de façon à ce que cette analogie soit évidente.**

On peut résoudre un problème narratif de façon spatiale et réciproquement. Pour cela, l'énoncé doit être traduit d'un mode dans un autre avant que la résolution ne soit effectuée.

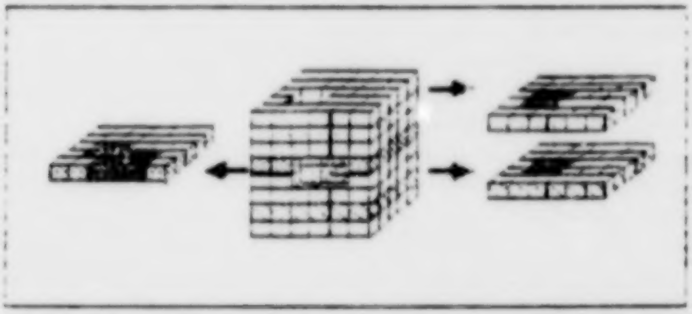
Résolution visuelle ou résolution verbale

Un problème, quelque soit la nature schématique ou narrative de son énoncé peut être résolu de façon visuelle ou verbale. Une solution verbale s'obtient en mettant, en décrivant des actions se déroulant dans le temps. Ces actions produisent des changements dans l'état initial. On obtient alors un nouvel état qui sera modifié à son tour par de nouvelles actions. En transitant ainsi par divers états intermédiaires, on s'approche pas à pas de la solution. La solution est obtenue par description des actions produisant les changements d'état, en faisant le bilan de chaque état intermédiaire. Le temps intervient directement dans la recherche de la solution.

Problème: combien y a-t-il de petis cubes dans ce solide?

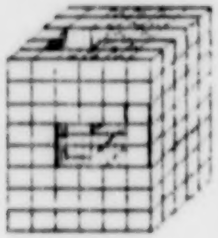


Exemple de résolution verbale du problème. L'élève imagine qu'il démonte le solide ou qu'il le reconstruit. À chaque étape de la construction, il peut compter le nombre de cubes par plaque.



Une stratégie visuelle de résolution consiste à placer toutes les données devant soi et à effectuer des regroupements, en mettant en évidence des analogies, en donnant au problème une forme connue. Le travail de résolution se fait sur la structure spatiale de la représentation du problème et non pas sur une séquence d'opérations imaginées sur les solides.

Résolution visuelle du même problème: en plaçant une croix sur certains cubes de la surface supérieure du solide (13), on identifie les colonnes de petits cubes ne comportant que 6 cubes. Les cubes de la face supérieure du solide qui n'ont pas de croix (13) correspondent à des colonnes de 8 cubes. Le calcul 13 x 8 + 13 x 6 pour avoir la réponse.



Le temps n'intervient pas dans la solution. Il s'agit de mettre en évidence une relation spatiale pour se ramener à un calcul très simple.
D'autres solutions visuelles consistent à voir le solide décomposé en plusieurs sous-ensembles compacts dont on peut facilement compter les éléments. Alors qu'une solution auditive consisterait à imaginer qu'on fait la décomposition, la solution visuelle n'est associée à aucun mouvement.

Rapport entre les stratégies de résolution de problèmes et le style d'évocation

On peut d'abord se demander si la nature de l'énoncé influe directement sur le style de solution choisi: un problème narratif est-il résolu verbalement et un problème de nature schématique est-il résolu visuellement? Est-ce plutôt les habitudes évocatives qui priment: un élève habitué à faire des évocations verbales ou visuelles va-t-il avoir tendance à résoudre n'importe quel problème en utilisant des méthodes respectivement auditives ou visuelles? Autrement dit, y a-t-il un lien entre le style d'évocation des élèves et leur façon d'aborder et de résoudre un problème?

Pour aborder cette question, je leur présentais un problème sous forme géométrique, un sous une forme «narrative», et commençais l'entrevue par quelques questions pour cerner leurs habitudes évocatives.

Résultats des entrevues

1. Le style d'évocation prime sur la nature du problème

Quand les élèves avaient des habitudes évocatives marquées, auditives ou visuelles, les stratégies qu'ils utilisaient pour résoudre les problèmes ne dépendaient pas de la nature graphique ou narrative du problème, mais du mode d'évocation de l'élève. Devant un problème présenté sous forme graphique, un auditif **imaginait ou tentait d'imaginer** une suite d'actions se déroulant dans le temps qui le conduisaient à la solution. Ils avaient besoin assez souvent d'introduire explicitement une unité de temps dans le problème: (chaque semaine il produit tel événement). Ils introduisaient aussi des acteurs, soit eux-mêmes, soit des personnages imaginaires qui agissaient. Le problème graphique était compris à partir du moment où il se trouvait traduit sous une forme narrative.

Réciproquement, les visuels **transformaient ou tentaient de transformer** le problème narratif où toutes les données étaient représentées de façon à ce que le temps n'intervienne pas explicitement. Ils résolvaient le problème en transformant cette représentation spatiale du problème jusqu'à ce qu'ils fassent apparaître des relations spatiales, des regroupements, des correspondances qui simplifient sa résolution jusqu'à la rendre élémentaire. Ils cherchaient une solution qui arriveraient tout d'un coup qu'ils cherchent à la faire surgir en envisageant le problème dans sa globalité.

Quand on veut expliquer la méthode «auditive» à un visuel, il la trouve lourde, longue. Il veut bien commencer le processus itératif cher à l'auditif, mais il n'y croit pas et l'abandonne très vite.

L'auditif a l'impression d'un tour de passe-passe en voyant la solution du visuel.

Ainsi pour les élèves dont le style d'évocation **est marqué, leur style d'évocation prime sur la forme de présentation du problème.** Que le problème soit narratif ou schématique, les visuels auront tendance à le transformer d'abord pour lui donner une forme visuelle et à résoudre visuellement ensuite alors que les auditifs tendront à imaginer des actions derrière un problème schématique et à le résoudre à partir de ces actions. Une grande difficulté dans la résolution du problème est qu'ils doivent effectuer cette transformation vers leur style évocatif avant de pouvoir pénétrer le sens du problème.

2. Tenter d'utiliser des stratégies contraires à son style d'évocation conduit à avoir un comportement mécanique

Par contre, la situation est différente chez bien des enseignants à l'élémentaire. Bon nombre de ceux qui gèrent visuellement les objets et les mots se lancent directement dans des recherches de solution de type verbal. On pourrait imaginer qu'ils gèrent les objets et les mots visuellement et les relations verbalement. Ce n'est pas toujours le cas. Cette recherche est souvent infructueuse ou pénible. Habitués à «expliquer», ils ne savent pas qu'on peut gérer visuellement la solution d'un problème. En fait ils appliquent en mathématiques un **procédé** qui les coupe complètement de leurs moyens personnels d'apprentissage. Ils ont donc l'impression que les mathématiques se font en dehors d'eux, que c'est un ensemble de recettes à appliquer. Les représentations qu'ils se donnent n'ont pas pour but de donner un sens et susceptibles de traductions variées. Ils se coupent de leur style naturel d'évocation et ont l'impression profonde que les mathématiques sont plus ou moins incompréhensibles. Cette idée qu'ils ont des mathématiques a évidemment un retentissement sur leur enseignement. On retrouve cette situation chez des élèves en difficulté. Ils appliquent des méthodes «apprises» pour résoudre des problèmes, méthodes qui n'évoquent rien chez eux. Ces «méthodes» les coupent de toute possibilité de compréhension. Visuels, ils se croient obligés - souvent on leur demande de le faire - de distinguer les étapes de leur raisonnement avant de commencer leur problème alors qu'ils auraient eu besoin d'une représentation globale du problème pour avoir l'impression d'en pénétrer le sens. Certains auditifs au contraire se croient obligés de faire une étape de compréhension de l'énoncé complètement distincte de l'étape de résolution alors qu'ils auraient besoin pour comprendre cet énoncé de commencer à le faire évoluer dans le temps pour prendre conscience du déroulement des actions, donc d'en commencer une certaine forme de résolution.

La première phase de résolution consiste donc à se donner une forme du problème qui corresponde à son style d'évocation. Il s'agit d'une traduction du problème d'une forme dans une autre pour que l'**évocation** du problème soit possible. Un problème présenté sous forme correspondant au style d'évocation de celui qui le résout est donc un avantage.

3. Dans la plupart des cas, les élèves en situation d'échec ne pratiquent aucune évocation

Parmi les élèves qui n'ont pas un style marqué d'évocation, il en est une majorité qui ne pratiquent en fait aucune évocation, mais se bornent à percevoir vaguement ce qui est écrit ou représenté visuellement. Ceux-ci ne parviennent pas à commencer la résolution du problème. Ils ont en général certaines difficultés à l'école en particulier dans les questions de «compréhension» en mathématiques. Ils pensent en général que «faire des mathématiques, c'est faire des opérations». Sans s'être donnés les moyens de se donner une représentation de l'énoncé, ils font ces opérations à peu près au hasard.

4. Certains élèves évoquent dans une discipline, mais pas dans une autre, ce qui les conduit à l'échec dans cette discipline

Quelques élèves ont un style d'évocation marqué, comprennent bien un texte lu et s'en donnent des images ou une traduction verbale en français, mais ils ont en mathématiques une attitude complètement différente. Alors qu'ils évoquent dans les autres disciplines, ils ne pratiquent pas cette évocation en mathématiques parce qu'ils pensent que dans cette discipline, il faut trouver les opérations le plus vite possible. Ils ont la même attitude que les élèves qui n'évoquent pas: opérations faites au hasard, sentiment que les mathématiques sont du domaine de l'irrationnel et que la solution doit arriver un peu comme par magie. Cette attitude est renforcée par l'école qui insiste sur le résultat et non pas sur la représentation que chaque élève doit se faire du problème.

À l'élémentaire, il existe peu d'élèves qui ont un style d'évocation «mixte». En général, ils utilisent dans les problèmes des stratégies d'une nature donnée. Ce n'est pas le cas chez les adultes qui font des mathématiques, qui ont dû développer les deux façons d'évoquer les problèmes pour avoir le sentiment de comprendre les mathématiques. Il semble d'ailleurs que se soit un entraînement important à donner en mathématiques, cela ne pouvant se faire qu'en partant du style d'évocation familier. On peut cependant rencontrer des individus ayant fait des mathématiques à un niveau élevé et ne s'appuyant que sur un seul style d'évocation. Cela laisse cependant à l'auditif le sentiment de ne pouvoir être créateur en mathématiques, de ne pas avoir vraiment d'intuition alors que le visuel trouve que la démonstration est un exercice inutile et difficile: il «sait» avant d'avoir à dérouler un raisonnement qu'il trouve lourd.

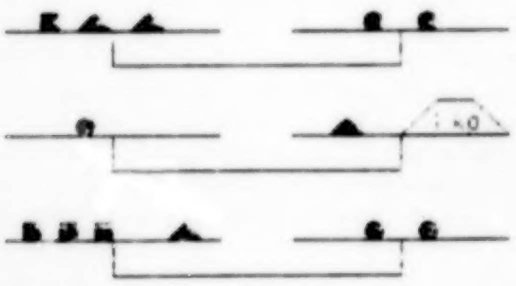
La première étape pour résoudre un problème: le transformer pour en donner un représentation conforme au style d'évocation

Les stratégies de résolution de prolèmes dépendent étroitement du style d'évocation de celui qui le résout. La première phase de résolution d'un problème consiste donc à s'en donner une représentation qui soit conforme avec ce style.

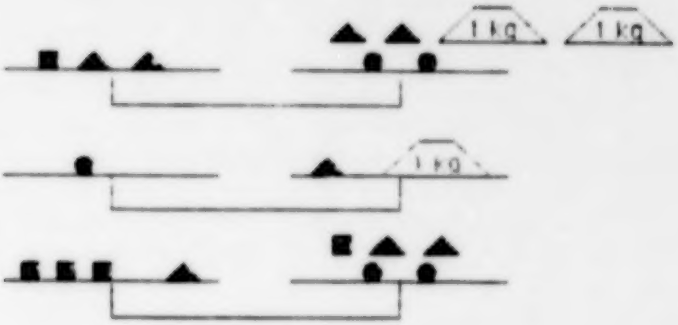
De nombreuses difficultés dans la résolution d'un problème proviennent du fait que l'évocation du problème n'est pas faite.

Si cela est nécessaire pour que l'évocation soit possible, il faut que l'énoncé du problème soit d'abord transformé. Par exemple - et ce n'est qu'un exemple, ce premier stade pouvant prendre des formes différentes - un visuel va écouter un problème narratif non pas **pour le comprendre** mais **pour le retenir.** Il va alors représenter le problème en sortant les nombres principaux et en les reliant par des petits schémas. En observant ce nouvel énoncé - le sien maintenant - il va pouvoir avoir accès au sens du problème et chercher une solution à partir de la représentation spatiale qu'il a devant lui. En procédant de cette façon, certains enfants ont considérablement amélioré leurs résultats. Cette démarche était devenue consciente et ils l'appliquaient systématiquement. Devant un problème schématique, un auditif va devoir imaginer une histoire et des acteurs. Ceux-ci vont reconstruire le schéma, ou le «démonter»: par où vont-ils commencer, que vont-ils faire, pendant combien de temps? En imaginant ces tranformations derrière le graphe, il va pouvoir imaginer une suite d'états transitoires qui peu à peu vont lui permettre de reconstruire la partie cachée ou absente du schéma.

Trouvez le poids de chaque élément



Une solution visuelle consiste à effectuer mentalement les transformations ou les substitutions. Ce pourrait être aussi modifier le graphique de cette façon:



Un «auditif» aurait barré les 2 boules en haut et en bas pour mettre en évidence l'action de substitution visuelle «voit» plutôt des associations: on peut voir deux boules ou deux triangles et 2 kilos. Il **enrichit** le dessin de façon à pouvoir faire le plus d'associations possibles. Le graphique modifié permet de voir maintenant les solutions: en haut on voit qu'un carré vaut 2 kilos, en bas que deux carrés donnent un triangle et au milieu qu'un rond vaut un triangle plus un kilo. Cet enrichissement du graphique n'est d'aucune aide à l'auditif. Le schéma lui paraît maintenant beaucoup plus compliqué, il a maintenant beaucoup plus de difficultés à parler sur ce graphique où la suite ordonnée des actions n'apparaît plus.
Les auditifs se lancent dans des substitutions souvent fort longues. Ils réussiraient plus facilement ce problème:

> *Je joue avec mes amis Jacques et François un jeu de rôle. Nous utilisons trois sortes de figurines: des dragons, des nains et des oiseaux.*
> - *Jacques a échangé son dragon contre un nain plus un dollar.*
> - *François a échangé cinq dragons contre trois oiseaux.*
> - *J'ai échangé un dragon et un nain contre un oiseau.*
>
> *Calcule le prix de chaque personnage*

En ayant à résoudre le problème sous la forme graphique, l'auditif va avoir tendance à se raconter quelque chose qui va ressembler au dernier énoncé.

Si le problème est présenté sous la forme correspondant au style d'évocation, le sens du problème proviendra encore de transformations. L'auditif va se raconter l'histoire, mettre en évidence les acteurs et le temps et faire évoluer la situation. Le visuel va modifier la représentation pour faire des rapprochements, mettre en évidence des formes connues.

La recherche d'une solution passe toujours par la mise en évidence de relations - temporelles ou spatiales - obtenues par des transformations imaginées elles aussi temporelles ou spatiales.

Une pédagogie pour apprendre à résoudre des problèmes

Pour analyser et comprendre un problème et amorcer une démarche qui va pouvoir conduire à la solution, l'élève aura besoin de se donner un projet qui corresponde à sa façon d'évoquer la réalité. L'intention lui permettra de mettre naturellement en marche le processus d'évocation. Ce «projet» se constituera par la prise de conscience de chacun des moyens efficaces pour lui. Pour y parvenir **il faudra que les élèves puissent comparer leurs façons de procéder, en expérimenter consciemment de nouvelles, en observer les effets.** Ceci peut se faire à l'occasion de discussions conduites par l'enseignant à l'occasion de la résolution des problèmes. La conduite de ces «dialogues pédagogiques» en mathématiques pour reprendre l'expression d'Antoine de la Garanderie[2], même si la description de la façon de les conduire sort du cadre de cet article, est un élément essentiel d'une pédagogie dont le but est de placer chaque élève dans une situation essentielle où il puisse et doive évoquer en mathématiques ce qu'on lui dit, ce qu'il fait, ce qu'il voit et les problèmes qu'il a à résoudre. **Autant il est impossible de donner une méthode générale à toute la classe pour résoudre un problème, autant il est nécessaire que chaque élève se donne une méthode qui lui permettra de faire ce qu'il faut pour aborder et pénétrer le sens d'un problème.**

Une erreur pédagogique courante, à mon sens, est de vouloir intervenir trop et surtout à des moments mal choisis. Si l'on veut que les élèves apprennent à maîtriser un processus les conduisant à améliorer leur compréhension d'un problème, le professeur doit tenir compte des éléments suivants:

- L'évocation est un retour sur ce qui est perçu, c'est un moment distinct de la perception. Il faut donc prévoir un temps explicite pour l'évocation. Voici quelques moyens de le faire. Il est entendu que dans un espace aussi restreint, je ne peux donner que des grandes lignes d'une pédagogie de la résolution de problèmes reposant sur une certaine gestion mentale. Dans certains cas, il faudra beaucoup plus d'ingéniosité pour amener certains élèves à évoquer. Quelques exemples sont donnés dans la deuxième partie.

Cas d'un problème narratif

- On demande aux élèves de penser au genre d'images - visuelles ou auditives - qui leur permet le mieux de prendre conscience du sens: transformer en images visuelles, se redire les mots. Ils ont pu prendre conscience de cela lors d'activité en compréhension de lecture par exemple. Certains savent qu'ils doivent simplement essayer de retenir pour pouvoir traduire après ce qui est dit.

[2]Voir «Le dialogue pédagogique avec l'élève», Le Centurion, 1984.

- On leur demande de préciser leur projet «d'évocation du problème»: préférez-vous imaginer vous représenter le problème sous forme d'une histoire, avec des acteurs et un décor ou une affiche où vous placerez tout ce qui est important? Les élèves font ce choix eux-mêmes à partir d'expériences antérieures. Munis d'un projet qui leur correspond, l'attention et la compréhension se trouvent dirigées et améliorées.
- Le professeur lit le problème en s'arrêtant à chaque membre de phrase significatif. Les élèves pratiquent l'évocation de leur choix. On procède de cette façon jusqu'à la fin de l'énoncé.
- Les élèves écrivent ce qu'ils ont retenu ou compris de l'énoncé en donnant la forme qui leur paraît la plus pertinente pour eux.
- Ensuite le professeur montre le texte du problème avec par exemple un rétroprojecteur. Les élèves vérifient que leur «traduction» du problème est conforme à la réalité.

Les auditifs ont commencé à se faire une analyse du problème en se plaçant dans le temps. Certains visuels aussi, mais d'autres n'ont réussi qu'à se faire un calque mental du problème. C'est en réorganisant les données et en utilisant des représentations visuelles des processus intervenant dans le problème, en rapprochant les données que la compréhension va se faire.

Cas d'un problème schématique

- Les élèves vont avoir le projet de mémoriser une image. Ceux qui en sont capables vont essayer de se faire une photo ou plusieurs photos partielles de l'énoncé schématique. Si l'image est trop compliquée pour être retenue directement, ils peuvent s'en faire des images visuelles partielles, détourner leur regard et se donner des moyens de faire des liens entre les diverses parties. Les autres vont essayer de se faire directement un commentaire du dessin qu'ils voient. Ils ont tous pris conscience des techniques «bonnes pour eux» lors d'exercices précédents. Là encore leur «efficacité mentale» sera meilleure s'ils ont un projet de représenter le problème correspondant à leur style d'évocation.
- On place le schéma avec la question sans rien dire sur le rétroprojecteur. Les élèves ont le projet de garder en mémoire ce «schéma». Ils n'écrivent pas. Après quelques secondes, on enlève le schéma du rétro. Les élèves essayent de le reproduire.
- On replace le schéma sur le rétro. Les élèves vérifient.

On obtient ainsi un début d'analyse conforme au style d'évocation de chacun.

- Les élèves cherchent de façon individuelle à résoudre le problème. Il est important que cette phase soit individuelle: la résolution passe par la recherche d'une représentaion du problème, cette représentation et la façon de l'obtenir est différente d'un individu à l'autre. Pour poursuivre la prise de conscience du problème, les élèves peuvent chercher dans le sens suivant:

Résolution à partir d'une représentation plutôt verbale du problème

Pour trouver une solution les élèves se demandent:

- Quel nombre intervient d'abord, puis quel autre, etc.
- Qui agit d'abord, que fait-il, qui agit ensuite, que fait-il?

Sur certains problèmes, c'est celui qui résout le problème qui imagine qu'il agit, qu'il monte ou démonte un objet ou qu'il commence à remplir un tableau par tel endroit et qu'il va continuer par là, etc. Dans ce cas l'élève peut se demander:

- Où dois-je commencer? Qu'est-ce que je fais?
- Et ensuite, comment continuer? En faisant quoi?

Résolution à partir d'une représentation plutôt visuelle du problème

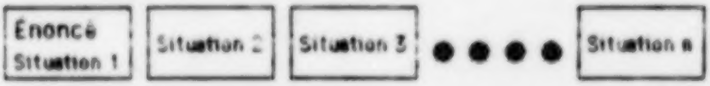
Pour trouver une solution les élèves se demandent:

- Y a-t-il un lien entre diverses parties de la représentation? Il faut observer l'ensemble de la représentation. Peut-on enrichir la représentation? Il faut observer l'ensemble de la représentation. Peut-on enrichir la représentation en mettant en évidence des équivalences, en faisant des liens, en faisant des ajouts sur la représentation?
- Y a-t-il des propriétés géométriques, des propriétés numériques qui permettent de relier les divers éléments du problème?

Analyse des solutions au niveau du type de solution verbale ou visuelle

1- Solution trouvées à partir de rapprochements nés de l'observation

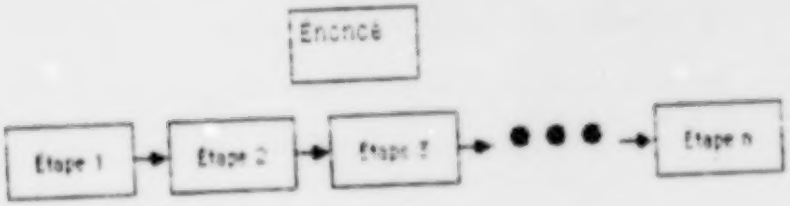
- Est-ce que la solution est du type:



L'énoncé est une situation envisagée globalement. La situation 2 est équivalente à la première. La «situation n» est équivalente à la première, mais tellement simple que la solution est immédiate. Cette démarche - visuelle - correspond à la démarche conduisant à la résolution d'une équation algébrique: chaque égalité est équivalente à la précédente. La dernière égalité est particulièrement simple: $x = 3$ par exemple, égalité que l'on peut résoudre d'un seul coup d'oeil. Les «visuels» sont souvent très bons en calcul algébrique!

2- **Solutions trouvées à partir des actions**

Est-ce que la solution de problème est de ce type:



Chaque étape est un pas vers la solution de type itératif. Chaque étape reconstitue une partie de l'énoncé et correspond souvent à une action se déroulant en une unité de temps.

PARTIE 2

Le style d'évocation et les stratégies d'enseignement

Les styles d'évocation n'influencent pas seulement les stratégies de résolution de problèmes mais aussi la façon d'acquérir une notion nouvelle en mathématiques. La principale difficulté des enfants qui sont en situation d'échec en mathématiques est qu'ils ne se donnent aucune représentation mentale de ce que fait l'enseignant, de ce qu'ils font, ou alors ils se donnent une représentation erronnée. Il faut donc se donner les moyens pour que l'élève puisse évoquer selon son propre style et contrôler que l'évocation s'est bien faite.

Il importe de se faire une idée la plus précise possible du style d'évocation de l'élève. Il ne suffit absolument pas de déclarer un enfant auditif ou visuel pour en déduire automatiquement une façon d'intervenir. L'essentiel est de se poser continuellement la question: qu'a-t-il fait mentalement de ce que j'ai dit, de ce que j'ai monté, ou fait, ou de ce qu'il a dit, montré ou fait?

Voici quelques exemples d'intervention.

Cas auditifs

Exemple 1

B. a 9 ans. Il retient peu de choses d'un texte qu'on lui lit. Il retient fort bien un texte qu'il lit lui-même. Il peut se faire des images en lisant un texte. Il interprète très difficilement une représentation visuelle. Il évoque, verbalement seulement et de façon souvent imprécise un mouvement vu sur un ordinateur. Il évoque très difficilement une image statique.

En mathématiques, il n'associe jamais un processus à une opération, multiplication et division en particulier. La multiplication est pour lui définie par sa table et la division est vue comme le terme manquant à une multiplication. Il a beaucoup de difficultés à résoudre des problèmes. Il ne sait pas ses tables et fait de nombreuses erreurs en faisant divisions et multiplications.

Bien que B. soit un auditif dans le sens où il ne donne un sens qu'à ce qu'il se dit lui-même, il n'écoute pas: à partir d'un mot entendu, il élabore une histoire qui n'a que peu de chance d'avoir un rapport direct avec ce qui est dit. Il ne retient donc jamais ce qui est dit en classe. Il n'est sensible qu'au déroulement de son langage intérieur, langage qui l'entraine souvent fort loin de son entourage scolaire ou non.

Fondé sur le langage, le sien, sa compréhension fait toujours intervenir le temps. Il m'explique comment il retient - si l'on peut dire - ses tables: pour trouver 7 x 6, il part de 7 x 10, et retranche 7 jusqu'à arriver à 7 x 6, processus long et qu'il ne parvient pas à mener à son terme sans erreurs.

Apprentissage d'une table

Pour apprendre ses tables, je lui donne un truc: je dis «7 fois 6 42». Je lui demande de répéter tout fort, puis d'écouter une voix le redire «dans sa tête», puis de le redire tout fort. Immédiatement, je lui donne un autre produit «7 fois 4 28». Il fait la même chose. Je lui demande de me redonner 7 fois 6, ce qu'il fait, puis je lui donne un autre produit, très vite pour qu'il ne puisse pas repartir sur son processus itératif. En six minutes il connait la «table par 7». Une heure plus tard il la sait toujours aussi bien, ainsi que la semaine suivante. Forcé d'écouter sa voix intérieure dire la table et forcé de n'avoir plus recours au processus itératif cher aux auditifs, il est capable de la retenir très vite.

Les erreurs qu'il fait dans les opérations proviennent d'une part des erreurs provenant de sa méconnaissance des tables, mais surtout du fait qu'il n'a aucune méthode pour faire le calcul. L'enseignant leur montre comment faire, mais il ne retient pas cet enseignement par l'image. D'autre part il ne veut pas - pour l'instant - savoir **pourquoi** on fait comme ça, mais il veut savoir **comment** on fait. On lui a, à l'école, expliqué pourquoi par diverses méthodes très imagées qui ne lui ont laissé ni souvenir, ni compréhension.

Lui expliquer directement comment faire une multiplication n'aboutit à rien. Il ne garde que des bribes de ce qui lui est dit directement. Je lui raconte alors comment je fais pour faire une multiplication tout en faisant l'opération devant lui. Je lui demande ensuite de raconter comment j'ai fait. Je recommence en parlant et en racontant le plus précisément ce que je fais: la façon dont j'indique les décalages, où je place les retenues, ce que je me dis en faisant l'opération. Ensuite je lui demande de me dire ce que je dois faire: je tiens encore le crayon, mais j'obéis strictement à ses instructions. C'est en me donnant ses instructions qu'il commence à se faire une description de l'algorithme. Je

lui donne ensuite le crayon en lui demandant de dire tout fort ce qu'il va faire. Il fait bien l'opération mais ne me dis rien. Par contre l'opération est très bien menée. Il me dira ensuite qu'en faisant l'opération, il se disait comment faire mais que ça l'empêche de travailler de le dire tout fort. Ensuite il m'explique sans faire l'opération comment on doit faire une multiplication.

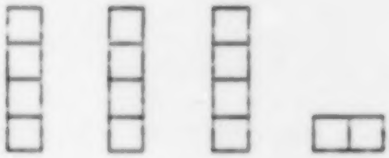
La semaine suivante, B. savait encore faire ses multiplications. Il a eu depuis de bonnes notes quand il s'agissait de faire des opérations. Il savait se raconter l'algorithme et avait une méthode à laquelle il pouvait recourir.

Il a fallu tenir compte du fait que je ne pouvais m'adresser directement à lui, puisque dans ce cas, il se sent agressé et ne retient rien. Il fallait profiter du fait qu'il puisse retenir et commenter les gestes d'un autre à condition de ne pas être en relation de dialogue avec cette personne mais plutôt d'être simplement un observateur. Enfin, il fallait l'amener à faire lui-même la description de ce qu'il avait à faire puisque c'est de cette façon qu'il comprend et retient. Enfin, il faut que cette méthode devienne un «projet» pour lui, c'est-à-dire qu'il soit capable de se dire «quand j'ai une multiplication à faire, je dois faire de telle et telle façon». Le problème des tables et des algorithmes a été résolu assez vite pour lui en utilisant des techniques très auditives.

Le problème de l'association de processus aux opérations arithmétiques fut beaucoup plus difficile à résoudre.

B. pouvait répondre à la question: 12 ÷ 3 = ? . Il pouvait même pas partager 12 cubes en quatre paquets égaux quand on lui demandait de le faire, et encore moins faire le lien entre ce partage et l'opération mathématique. Je tente de lui faire préciser ce qu'est un paquet. On cherche des synonymes: morceaux, part, partie, portions, groupe, etc. Je lui explique comment je fais pour faire le partage. Dès que je change les nombres c'est de nouveau l'échec. Dès qu'il s'agit de faire une action concrète à la suite d'une consigne, il revit une situation d'échec et n'agit plus de façon rationnelle. Il ne s'occupe plus du sens des mots et agit dans l'affolement.

Je tape sur l'ordinateur **PARTAGE 14 EN 3**. L'ordinateur donne cette représentation:



L'ordinateur place les carrés dans l'ordre indiqué ci-dessous, à une vitesse que l'on peut faire varier:

B. regarde l'image se former. Quand il le décide, il éteint l'écran et tente de refaire avec des petits cubes ce que l'ordinateur a fait.

Il refait les trois colonnes mais ne sait que faire avec les deux derniers cubes. Il les place finalement sur les deux premières colonnes.

On recommence à regarder ce que fait l'ordinateur, une fois, deux fois, trois fois. Le problème reste le même. On voit à quel point l'image est inefficace dans son cas.

Je lui demande maintenant de procéder autrement: il doit me demander les cubes nécessaires pour faire une rangée: il me demande trois cubes et les place convenablement. Il m'en redemande trois autres et continue jusqu'à ce qu'il m'en reste seulement 2 dans les mains. Il m'en demande encore trois.

- Je ne peux plus t'en donner 3, il m'en reste deux.
- ...
- Qu'est-ce qu'on en fait?
- On les jette?
- (Rires) On va regarder ce que l'ordinateur en fait.

On observe.

- Je comprends ce que fait l'ordinateur: il les met de côté.

Je lui demande de faire d'autres partages de la même façon. Il ne se trouve plus et vérifie que l'ordinateur fait bien comme lui.

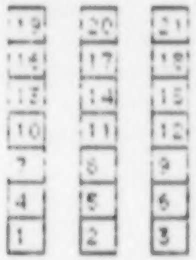
La stratégie efficace a encore consisté à ne pas s'adresser directement à lui, mais à l'amener à décrire lui-même des actions qu'il pourra refaire. Il sera possible ensuite de faire le lien entre les opérations et la description de ces processus.

Exemple 2

C. 9 ans, comprend un texte en se le répétant mentalement. Elle associe alors des images et aime beaucoup la sensation de se faire des images en «parlant son texte». Elle se raconte beaucoup d'histoires «dans sa tête» quand elle est seule et en français, sauf en mathématiques. L'enseignante, dans le but de «faire découvrir» ses élèves ne leur «explique pas». Elle montre des «choses au tableau» et veut qu'ils trouvent eux-mêmes. Elle ne veut pas que les parents aident les enfants chez eux. C. est en échec en mathématiques. Elle est réputée ne pas comprendre la division.

Je lui demande de faire le calcul 21 ÷ 3, et elle n'y parvient pas. Je lui donne 21 cubes et lui demande de faire le partage en 3. Elle tatonne beaucoup, essaye de faire des tas de 3, puis de 4. Elle essaye 8, puis reviens à 7. Je lui demande à nouveau de résoudre 21 ÷ 3. Elle n'y parvient toujours pas.

Je tape sur l'ordinateur **PARTAGE 21 EN 3** et lui demande de regarder ce qui va se passer pour pouvoir me le raconter. L'ordinateur réalise le dessin suivant: les nombres ne sont pas affichés par la machine, mais correspondent à l'ordre d'apparition des carrés sur l'écran. La vitesse d'affichage peut être plus ou moins rapide.



Je lui demande de me raconter comment l'affichage s'est produit. Elle n'y parvient pas le première fois, mais après une seconde observation elle m'explique comment l'ordinateur procède, d'abord en lui prêtant un processus analogue au sien: il essaye 1, puis 2, puis 3 jusqu'à 7. Je lui demande de me dire pourquoi il en dépose 3 carrés horizontalement d'abord: c'est parce qu'il veut partager en 3. - Et si c'était un partage en 5? - Il en placerait d'abord 5. On en déduit une **méthode pour réaliser le partage.** Pour partager en 4, on imagine qu'il y a 4 personnes, et on **distribue** un par un. On fait d'autres partages en prévoyant ce que l'ordinateur va faire, en utilisant les petits cubes au besoin et en vérifiant sur l'écran. Elle m'explique que l'ordinateur fait un partage mais aussi des «fois» parce qu'il place 3 fois 7.

On associe les «fois» à la multiplication, et la division au partage. On convient d'employer les mots multiplication et division quand on fait les opérations numériques et les mots répétition et partage pour décrire des actions.

Je lui donne maintenant des divisions à faire. Quand elle connait ses tables, le résultat arrive très vite. Quand elle ne connait pas la table, elle a recours aux cubes puis à l'ordinateur pour vérifier.

Nous terminerons par l'apprentissage de table[3] «des 6» de la même façon que pour B. Elle retient sa table (moins de 6 minutes).

Ensuite nous reprenons ensemble les moyens d'apprendre efficace pour elle: elle doit s'expliquer dans sa tête, se raconter. Pour comprendre, il lui faut savoir **comment** on fait. Pour retenir, elle doit écouter dans sa tête.

La séance a duré 1 heure 30.

Pour elle, comprendre le processus de partage c'est connaître la **méthode** qui permet de partager, et non pas simplement voir le résultat d'un partage, et pour connaître cette méthode il faut lui dire, ou lui faire dire, comment on fait pour partager. Sans savoir comment se fait un partage, la division n'a pas de sens pour elle et elle ne peut trouver le résultat de l'opération numérique. Par contre, en observant ce que fait l'ordinateur, elle reconnait qu'il fait un partage de 21 en 3, mais qu'il construit aussi «3 fois 7», ce qui lui permet de faire le lien entre la division et la multiplication. Enfin on notera l'importance des tables qui peuvent constituer une base pour la compréhension pour des enfants qui ont besoin de savoir comment on fait pour avoir accès au sens de ce qu'il font. Chez les enfants auditifs, les tables peuvent être apprises en quelques minutes et de façon définitive.

La méthode utilisée par l'enseignant ne convient pas à C. Elle a besoin qu'on lui dise comment faire pour avoir accès au sens de ce qu'elle fait. Un enseignant qui veut seulement montrer et laisser découvrir la prive de ses moyens naturels de compréhension.

Ces deux élèves, bien que comprenant à partir d'un univers verbal, sont pourtant fort différents. Le premier est inaccessible à la parole d'un autre. Il faut le mettre dans une situation où il doit se faire lui-même la description verbale qui va supporter sa compréhension. La seconde est beaucoup plus tournée vers l'extérieur mais donne du

[3] Page 20

sens à partir des mots. Elle a besoin, comme le premier de connaître des «méthodes pour faire». Ces méthodes ne sont pas le point final de sa compréhension, mais le point de départ qui lui permettra de donner du sens aux opérations.

Cas visuels

Exemple 1

F. est en cinquième année (11 ans): situation d'échec très grave en classe et en orthopédagogie.

Niveau de langage très élevé. Retient peu à la lecture d'un texte: ni les noms des personnages, ni l'enchaînement temporel des actions. Se souvient des situations et des lieux, mais dans le désordre.

Fait des progrès remarquables s'il écoute un texte en faisant une évocation visuelle. Une évocation auditive ne change pas considérablement la compréhension du texte.

Il a une mémoire visuelle immédiate très fidèle. Il peut poser une multiplication mentalement et la faire en «voyant» les nombres. Il préfère faire ses calculs mentalement que par écrit.

Il sait ses tables, et connaît les algorithmes du niveau de la classe. En dehors de cela, il ne peut résoudre le moindre problème.

En mathématiques, il ne se donne jamais d'images visuelles d'un problème. Il n'associe aucune action à une opération arithmétique. Il ne donne aucune interprétation d'une image. Devant un schéma, il ne trouve rien à dire. Comme il le dit lui-même, quand on lui donne un problème en classe, il préfère faire un dessin sans rapport avec le problème ou faire autre chose.

Association énoncé-représentation imagée

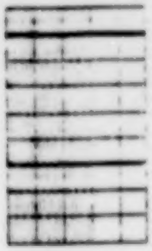
> Problème: un fleuriste possède 45 fleurs. 3 sur 5 sont des roses. Combien le fleuriste possède-t-il de roses?
> Pour lui, résoudre ce problème, c'est tenter des opérations au hasard: toutes y passent: 45 x 3, 3 + 5, 45 + 3 + 5 etc.

Même en remplaçant le 45 par 5, le sens du problème ne lui apparaît pas.
Faire un dessin lui paraît stupide. Il veut bien dessiner toutes les fleurs et placer les roses dessus. C'est le genre de choses qu'il a fait en classe.
Je tape sur l'ordinateur:

COLORE 3 SUR 5

EMPILE 45 PAR 5

Ce qui provoque le dessin suivant:



- Est-ce que ce dessin a un rapport avec le problème?
- Non.

Je ne dis rien. Il continue à regarder.

- Non.

Je lui demande s'il retrouve dans le dessin les nombres du problème.

- 45.

Et il ajoute: ça n'a aucun rapport.
Je lui demande de se faire une photo mentale de ce dessin pour le garder dans sa tête car je vais éteindre l'écran. Il le fait en moins de 10 secondes.
J'éteins l'écran.
Je lui demande de me décrire le dessin qu'il a dans la tête.

- Un rectangle, 9 de haut, 5 de large.
- Combien il y a de carrés?
- 45.
- Maintenant, redis le problème.

Il le relis puis me le récite:

- Est-ce que le dessin que tu as dans la tête peut représenter le problème?
- Non. Enfin, les carrés pourraient être des fleurs...

Après quelques secondes d'attente.

- Et les roses pourraient être les carrés verts. 3 sur 5, on voit 3 sur 5. Les roses sont les carrés verts.

La façon de procéder de F. est très caractéristique des enfants donnant un sens à partir principalement de l'image:

- L'image pourra être interprétée beaucoup facilement si elle n'est pas physiquement présente, mais évoquée dans la mémoire. Tant que l'image reste devant eux, ils s'en imprègnent et ne l'interprètent pas.

Ils ne tentent pas de retrouver le problème dans l'image, mais partent de l'image et essayent de la faire coller au problème. Quand il regardait l'image, il n'avait pas encore pris conscience du sens du problème. C'est en plaçant les «nombres du problème», comme il dit, sur le dessin que le problème a commencé à avoir un sens.

Il faut donc leur fournir un ensemble de représentations graphiques qui pourront leur permettre d'illustrer toute une classe de problèmes, faute de quoi ils auront toujours recours au dessin de tous les éléments du problème de façon non structurée.

Fractions équivalentes

Voici comment j'ai abordé avec lui les fractions équivalentes.

- Dans un pichet je mélange 2 verres d'eau à 3 verres de concentré.

Dans un autre pichet je mélange 4 verres d'eau à 6 verres de concentré.

Est-ce que le jus d'orange a le même goût dans les deux pichets?

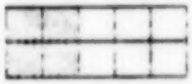
- Non. Dans le deuxième, ça goûte plus le jus d'orange.

Je tape sur l'ordinateur:

COLORE 3 POUR 2

EMPILE 10 PAR 5

J'obtiens:



- Est-ce que ce dessin a un rapport avec le problème?

Il regarde le dessin, éteint lui-même l'écran[4] et me dit:

Dans la première rangée, il y a deux carrés rouges: c'est les verres d'eau.

Les trois autres carrés ce sont les verres de concentré d'orange. C'est le premier pichet.

Est-ce qu'on peut voir le deuxième pichet?

Après un peu d'attente:

- Oui, avec tous les carrés.

---

[4] Il a pris maintenant l'habitude d'évoquer tout dessin avant d'en faire l'analyse.

- Quel est le pichet qui a le plus le goût d'orange?
- Le deuxième.

Je rallume l'écran:
- On va imaginer que la première rangée correspond au premier pichet. Tu vois ce pichet?
- Oui.
- Avec la deuxième rangée, on va remplir un autre petit pichet. Tu vois ce pichet?
- Oui.
- Est-ce que ces deux pichets ont le même goût?
- Oui.
- On verse ces deux petits pichets dans un troisième pichet: Qu'est-ce qui représente le contenu de ce pichet?
- Tout le dessin.
- Est-ce que le goût a changé?
- ... Pourtant j'aurais cru.

Rires
- ... Non c'est pareil.

Est-ce que tu pourrais trouver d'autres mélanges qui donneraient le même goût?

Il répond assez vite.

6 pour 9, 8 pour 12, etc.

Est-ce que tu comprends pourquoi on dit que ces mélanges sont équivalents?
- Oui.

On écrit au tableau les mélanges équivalents sous forme de fractions. Au tableau il peut poursuivre la série.

Je lui donne un autre mélange. Il écrit la fraction correspondante. Je lui demande de me donner d'autres fractions équivalentes. Il n'y arrive pas. Je lui demande de visualiser le dessin correspondant sur l'écran, mais sans le faire faire à l'ordinateur. Il écrit tout de suite la série des fractions équivalentes.

Je lui demande ensuite de m'expliquer comment engendrer une série de fractions équivalentes: il n'y parvient pas. Je lui demande de se donner l'image sur l'ordinateur avant de me répondre. Il m'explique comment passer d'une fraction à la suivante en additionnant au numérateur et au dénominateur.
- Tu pars de 2/3, ensuite tu ajoutes une rangée, alors tu as 4/6 etc.

Il est encore incapable de dire que l'on peut multiplier - ou diviser - numérateur et dénominateur par un même nombre pour obtenir une fraction équivalente, bien que ce soit ce qu'on lui a déjà dit en classe à plusieurs reprises.

Semaine suivante

J'écris au tableau la suite suivante:

$$\frac{2}{5} \quad \frac{4}{10} \quad \frac{6}{15} \quad \frac{10}{25} \quad \frac{\quad}{\quad} \quad \frac{\quad}{\quad} \quad \frac{\quad}{\quad}$$

Je lui demande de trouver des fractions qui peuvent appartenir à cette suite.
Il se recule pour observer l'ensemble des fractions. Au bout d'une minute, je lui demande s'il fait quelque chose dans sa tête. Il me fait signe que oui.
Après trente secondes supplémentaires, il ajoute la fraction 12/30, puis 14/35.
J'écris:

$$\frac{2}{5} \quad \frac{16}{\quad}$$

Je lui demande de trouver le dénominateur manquant. Au bout d'une minute je lui demande s'il pense encore à quelque chose ou si «c'est noir».
- C'est noir.
J'ajoute les flèches:

$$\frac{2}{5} \quad \frac{16}{\quad}$$

Il regarde très peu de temps et place 40.
Ensuite sur d'autres exemples, il placera très vite les nombres qui conviennent, quelque soit la position du nombre manquant. Il aura ensuite un peu de difficulté à passer à la division, puis à des fractions non contiguës.

$$\frac{2}{5} \quad \frac{4}{10} \quad \frac{6}{15} \quad \frac{10}{25} \quad \frac{\quad}{40}$$

À la fin de la séance, il pourra placer les nombres convenables quelque soit leur position et qu'ils soient obtenus par division ou multiplication.

Un mois plus tard, il n'avait rien oublié. Il utilise un procédé analogue pour résoudre ses règles de trois.
Quatre mois plus tard, quand dans un problème il observe que 7/4 de 56 et 14/8 de 56 donnent le même résultat, il dit:
- C'est normal, ce sont des fractions équivalentes.
- Qu'est-ce que c'est, des fractions équivalentes?
- Tu sais bien, c'est ce qui fait que les jus d'orange ont le même goût!

La description précédente illustre le type d'intervention qui permet à un élève dont la compréhension part de l'image de trouver du sens à ce qu'il fait.

On ne part pas d'une explication ou même d'une action, mais de l'observation d'une situation, dans le silence. Si l'élève ne «voit» rien, il peut se «mettre l'image dans la tête», enlever l'image réelle et tenter de décrire ou de commenter cette image mentale. Les résultats sont quelquefois spectaculaires. C'est aussi un moyen d'amener un élève visuel à faire le commentaire d'une image et même à passer de la situation au processus.

L'intervention que l'enseignant peut faire consiste à mettre en évidence des associations en complétant le schéma.

Le moyen utilisé ici pour convaincre que des mélanges proportionnels ont le même goût est souvent couronné de succès pour les élèves visuels de cinquième année, alors qu'il est souvent inefficace pour les élèves auditifs du même niveau.

Ces quelques exemples d'enseignement montrent que le succès d'une intervention passe par la connaissance des styles d'évocation. Pour les enfants en difficulté d'apprentissage il est très important de pouvoir déterminer les composantes des habitudes évocatives comme cela est proposé ci-dessus[5]. Il est alors possible d'intervenir à partir des moyens d'apprendre des enfants, de contrôler que l'intervention faite a été évoquée, et d'amener l'élève à prendre lui-même en charge la gestion mentale de son apprentissage.

[5] Page 5

La représentation spatiale: conceptions et problèmes actuels

par Richard Pallascio
CIRADE et
Département de mathématiques
et d'informatique
Coordonnateur du programme sur la
représentation spatiale[1]
Université du Québec à Montréal

Séminaire sur la Représentation
23 mars 1990 - n° 52

CIRADE, UQAM, janvier 1991

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR.

1 Richard Allaire, Claude Janvier, Jean-Baptiste LaPalme, Maurice Bélanger, professeurs; Pierre Mongeau, professionnel de recherche.

La représentation spatiale: conceptions et problèmes actuels

Richard Pallascio

CIRADE et Département de mathématiques et d'informatique, coordonnateur du programme sur la représentation spatiale[1]

Panel du 23 mars 1990

Séminaire du CIRADE:
Connaissance, Représentation et Apprentissage

Autres panélistes: Janos Baracs, École d'architecture, et
Michel Fleury, département de Design

---

1 Richard Allaire, Claude Janvier, Jean-Baptiste Lepalme, Maurice Bélanger, professeurs; Pierre Mongeau, professionnel de recherche.

CONCEPTIONS DOMINANTES: convergences et divergences

Des recherches sur la représentation spatiale se dégagent deux principaux éléments de convergence, sinon de consensus, entre les principales approches: gestaltique, piagétienne, psychométrique, cognitiviste et didactique.

Premièrement, il existerait deux types d'images mentales: les unes, sous forme de gestalts, se rapportant à la saisie immédiate des données (perception) et les autres à leur reconstruction mentale hors de la présence concrète des objets (représentation) (Eliot et Smith, 1983; Kosslyn, 1981, 1983; Lohman, 1979, 1987; McGee, 1979; Lunkenbein, 1982; Pellegrino et al., 1984). D'abord les gestalts perceptives forment une "imitation intériorisée", une saisie directe du monde réel par le biais de l'activité sensori-motrice. Elles sont préalables aux traitements ultérieurs, lesquels traitements, qui correspondent à des opérations (rotations ou développement par exemple) effectuées à partir de ces premières images mentales, donnent naissance aux représentations proprement dites. Les gestalts perceptives seraient des images globales, instantanées, formées à partir de l'apparence générale. Elles constituent en quelque sorte l'espace perceptif piagétien (Piaget, 1947/1972). D'un point de vue cognitif, les quatre lois[2] identifiées par la théorie gestaltique pourraient même être considérées comme des caractéristiques fonctionnelles innées (Bower, 1974; voir Kosslyn, 1983). Le consensus concernant ce premier type d'images mentales n'implique toutefois que la saisie directe des objets en trois dimensions. Au niveau des images bidimensionnelles d'objets en trois dimensions, Bishop (1983) suggère que les mécanismes en cause ne seraient plus les mêmes puisque celles-ci constituent une représentation qu'il faut "traiter" pour comprendre.

Le deuxième élément de convergence entre les auteurs est que la qualité formelle des représentations serait fonction d'apprentissages (Baracs, 1981, 1988; Bishop, 1980; Lunkenbein, 1979 à 1983; Mitchelmore, 1978, 1983; Pallascio et al., 1987; Pellegrino et al., 1984; Van Hiele, 1959, 1981; voir aussi Jurdak, 1989 et Nasser, 1989). Plus précisément, le passage vers des niveaux supérieurs d'organisation logique demeure, selon ces auteurs, fonction des situations d'apprentissage dans lesquelles est plongé l'individu. Sans activité forçant l'acquisition de certaines notions et propriétés géométriques, les images internes élaborées par le sujet peuvent très bien demeurer la vie durant au niveau de ce que Piaget appelle les groupements infralogiques (Piaget, 1947/1972).

---

2 Lois de la proximité, de la similitude, de la continuité et de la "bonne forme".

Même si l'hypothèse que ce passage n'est plus strictement dû à la maturation biologique, mais plutôt à la stimulation des opérations mentales qui le suscitent, apparait aujourd'hui largement acceptée, la nature de ces opérations demeure source de divergences. D'une part, le modèle piagétien s'inspire du concept mathématique d'opérations tandis que Lunkenbein s'appuie essentiellement sur les opérations de "décomposition et reconstruction" de l'image perçue. Janos Baracs et les membres de mon équipe sur la représentation spatiale au CIRADE[3], ont cherché à définir ces "opérations" comme des habiletés à développer (structuration, transposition, génération, détermination et classification d'une forme[4]). Kosslyn part de l'idée d'opérations visuelles (encodage, balayage, zoom, etc.) du type de celles que l'on retrouve dans les programmes informatiques de dessin. Ce dernier ne prétend toutefois pas que ce type d'opérations visuelles entraine une amélioration formelle des représentations. Les psychométriciens quant à eux parlent surtout de deux facteurs, celui de la "reconnaissance d'une forme" et celui de la "transformation d'une forme". En continuité avec tous ces travaux, nous avons défini géométriquement la nature des opérations liées au développement de la représentation spatiale.

L'ordre d'acquisition, à tout le moins dans notre culture occidentale, des premières notions reliées aux propriétés propres à chaque niveau géométrique[5], épouse l'imbrication axiomatique, le niveau métrique étant le plus contraignant. Cet ordre est largement accepté. Ce développement s'effectue du topologique au métrique. Cependant, l'ordre des développements ultérieurs demeure quant à lui peu connu et incertain. En prolongement du modèle piagétien, l'évolution subséquente (i.e. de 11-12 ans à l'âge

---

3 Richard Allaire, Pierre Mongeau et Laurent Talbot.

4 La *structuration* est l'habileté à identifier les propriétés et la combinatoire géométriques d'une structure spatiale; la *transposition* est l'habileté à établir les correspondances, les équivalences, et à effectuer le passage entre les différents modes de représentation et niveaux géométriques; la *génération* est l'habileté à produire ou modifier une structure spatiale de façon à ce qu'elle réponde à certains critères géométriques prédéterminés; la *détermination* est l'habileté à délimiter les éléments ou les paramètres définis par des contraintes géométriques sur une structure spatiale; et la *classification* est l'habileté à grouper des structures spatiales selon un choix de propriétés ou paramètres géométriques communs.

5 Le niveau *topologique* correspond principalement à l'étude des propriétés d'adjacence et de connexité des structures spatiales, lesquelles sont conservées suite à une ou des déformations continues, telles que l'étirement, le rétrécissement, le pliage et la torsion. Le niveau *projectif* correspond principalement à l'étude des propriétés d'incidence des droites et des plans, lesquelles sont conservées suite à une projection centrale. Le niveau *affine* correspond principalement à l'étude des propriétés de parallélisme et de convexité, lesquelles sont conservées suite à une projection parallèle. Le niveau *métrique* correspond principalement à l'étude des propriétés de distance et d'angulation.

adulte) des formalisations de la représentation spatiale devraient continuer à se calquer sur l'imbrication théorique des niveaux géométriques. [6]

Or, les observations de Lunkenbein (1982) s'écartent de cette hypothèse. Selon ses conclusions, tous, enfants ou adultes, reconnaissent plus naturellement les dessins perspectifs. Les projections bidimensionnelles seraient des représentations les plus accessibles au plan figuratif. Aussi la vérification de l'ordre dans le développement de la représentation spatiale après 11-12 ans constitue un de nos objectifs. C'est ainsi que nous avons été amenés à comparer les performances de sujets de différents âges aux différents niveaux géométriques.

De plus, le modèle développé par Kosslyn, à l'inverse de celui de Piaget, ne prend pas directement en considération les qualités géométriques intrinsèques des objets représentés; on peut donc se demander si effectivement la performance des individus (enfants ou adultes) peut être affectée par les qualités géométriques des représentations. Nous avons répondu à cette question en comparant les performances de sujets de mêmes groupes d'âges à des problèmes de niveaux géométriques différents.

OBJECTIFS DE NOS RECHERCHES

Nous avons travaillé jusqu'ici sur les objectifs de recherche suivants:

1) Développer et valider un instrument de mesure géométriquement complet afin d'évaluer le développement formel ou géométrique de la représentation spatiale, en définissant géométriquement les opérations liées aux composantes psychologiques affectant la représentation spatiale;

2) Vérifier si les formalisations de la représentation spatiale continuent à se calquer sur l'imbrication théorique des niveaux géométriques antérieurs (topologique - projectif - affine - métrique);

3) Vérifier si les qualités géométriques des représentations et l'environnement culturel affectent la performance des individus, eu égard à leur représentation spatiale;

---

6 Les niveaux géométriques sont hiérarchiquement imbriqués du topologique au métrique.

4) Identifier les périodes de la vie où l'individu est plus sensible au développement naturel de sa représentation spatiale.

Cette année et dans les trois prochaines années, nous projetons de circonscrire les objectifs qui suivent:

5) Déterminer les éléments déterminants susceptibles de nous conduire à un modèle didactique d'intervention efficace;

6) Déterminer des moyens pour provoquer et stimuler le développement de la représentation spatiale dans le contexte d'un apprentissage scolaire organisé;

7) Induire des activités d'apprentissage suffisamment souples pour qu'elles puissent s'adapter à divers contextes culturels et environnementaux;

8) Proposer un modèle et un programme d'activités expérimentées et évaluées.

Depuis 1987, nous examinons dans quelle mesure la performance spatiale de différents sujets peut être affectée, à travers différents groupes d'âges (objectif 4, voir Pallascio et al., 1989) et différentes cultures (objectif 3, voir Pallascio et al., 1988 et 1990), par les qualités géométriques intrinsèques des représentations utilisées pour la mesurer.

La psychométrie offre une grande panoplie d'instruments de mesure de la représentation spatiale (Pierre Mongeau a recensé plus de 250 tests). L'analyse de ces tests permet de constater que les aspects topologiques, projectifs et affines sont presque toujours ignorés au profit des aspects métriques. En effet, plus de 82% des tests géométriquement valides (212 sur les 256 retenus) ont des questions de nature essentiellement métrique, 11,6% sont affines, uniquement 2% sont projectives et seulement 4% sont de nature topologique (Mongeau, 1989). Comme il n'existait pas d'instrument de mesure géométriquement complet et valide afin d'évaluer le développement formel (géométrique) de la représentation spatiale, nous en avons développé un et nous avons procédé à sa validation (de contenu et de construit).

L'instrument comporte 40 items, tous constitués de représentations géométriques bidimensionnelles d'objets tridimensionnels, soit des graphes, soit des projections centrales, affines ou orthogonales. Ce type d'items s'inscrit dans la tradition des tests psychométriques de représentation spatiale de type papier-crayon et permet l'évaluation de la performance des sujets sur différentes tâches et niveaux géométriques. 192

personnes ont passé le test. Les sujets étaient âgés de 11 à 35 ans.

L'analyse statistique des résultats confirme la présence de deux composantes principales à la représentation spatiale: l'une plus figurative ou analytique[7] et l'autre plus représentative ou opératoire. Chez l'ensemble des 192 sujets, les différences de moyennes entre les deux composantes psychologiques identifiées sont significatives, en faveur des items de la composante analytique. Ces résultats suggèrent d'intervenir d'abord en fonction du développement de la capacité d'analyse des relations spatiales et que le programme d'intervention auprès des enfants devrait être distinct de celui des étudiants plus âgés (objectif #3).

La performance des sujets s'accroît brusquement entre l'enfance et l'adolescence, puis stagne ensuite. Cette observation doit être interprétée avec prudence car elle ne s'appuie pas sur une comparaison longitudinale des performances d'un même groupe à travers le temps. Il n'y a cependant pas de cause évidente autre que l'âge à laquelle attribuer les différences observées. À l'exception des sujets les plus âgés (20 sur 192), tous ont connu le même système d'éducation et les mêmes programmes scolaires. Tout en étant prudent, il semble donc que cet intervalle d'âge, entre 10 et 15 ans, soit tout indiqué pour des interventions visant à structurer adéquatement la capacité de représentation spatiale des individus, puisque celle-ci s'y développe alors de façon naturelle et significative[8] (objectif #4).

Les performances observées confirment l'ordre d'appropriation des propriétés géométriques, qui est l'ordre hiérarchique de leur axiomatisation (du topologique au métrique). La progression des performances s'effectue aux quatre niveaux géométriques jusqu'à l'âge adulte. Le plus grand accroissement général a lieu à la pré-adolescence, vers l'âge de 12 à 14 ans. Cet accroissement est particulièrement marqué pour les items plus "analytiques" du niveau topologique. Par contre, les items de nature projective et plus "opératoire" sont constamment moins bien réussis que ceux des autres niveaux géométriques, ce qui peut s'expliquer en partie par la relative familiarité des figures métriques et affines, lesquelles sont plus couramment employées, tant dans les manuels scolaires que dans la vie courante (objectif #2).

Actuellement, à l'aide des résultats obtenus lors de l'administration de notre test, nous tentons de répondre aux questions suivantes (objectif #5):

- la manipulation doit-elle précéder la création de représentations spatiales?
- les activités proposées doivent-elles comporter plus de figures topologiques et projectives?

7 Pellegrino et al. (1985) identifient également une composante dite analytique.
8 Mariotti (1989) s'intéresse également à ces deux groupes d'âge particuliers.

* une attention particulière doit-elle être portée aux activités de détermination en ayant recours graduellement au raisonnement déductif?
* le choix des représentations spatiales doit-il précéder la production de celles-ci?
* l'analyse des relations spatiales doit-elle être priorisée chez les enfants plus jeunes?
* les activités de transposition s'avèrent-elles efficaces pour faciliter le passage à l'opératoire? Etc.

D'autres questions présentent de grands intérêts: doit-on tenir compte du facteur "temps" dans le développement des habiletés? Doit-on s'intéresser surtout aux différences individuelles (v.g. visuel vs auditif), plutôt que d'essayer de trouver un modèle plus universel? Doit-on tenir compte du type d'espace: micro-spatial vs méso-spatial vs macro-spatial.

Dans le cadre du programme de recherche sur "la représentation spatiale" du CIRADE auquel notre équipe participe, nous prévoyons poursuivre l'an prochain l'identification de ces éléments déterminants, susceptibles de nous conduire à un modèle didactique d'intervention efficace.

Notre but à long terme est de développer un modèle didactique d'intervention efficace pour le développement de la représentation spatiale. Par modèle didactique, nous entendons un schème conceptuel, des savoirs, des situations d'action, des séquences d'apprentissages, des modalités d'application et des normes sur les interventions, les productions attendues des élèves et leur évaluation.

PROBLEMES ACTUELS (objectifs 6 à 8)

En nous basant sur l'analyse des résultats observés à notre test, nous voulons déterminer des moyens pour provoquer et stimuler le développement naturel de l'individu à l'égard de sa représentation spatiale. Pour ce faire, nous avons l'intention d'élaborer un certain nombre d'activités géométriques qui tiennent compte des éléments déterminants mentionnés ci-dessus et qui devraient être distincts selon l'âge des sujets: enfants du 2e cycle du niveau primaire (10-12 ans) et pré-adolescents du 1er cycle du niveau secondaire (12-14 ans), élèves qui se situent autour de la période sensible identifiée par les premières analyses des résultats à notre test. Certaines de ces activités sont prévues à l'aide de l'environnement ordinateur, incluant des logiciels originaux élaborés ces dernières années (ex.: *Perception*) et d'autres de type CAO (ex.: *Dimensions*).

Nous avons l'intention de varier les groupes expérimentaux. En effet, à la suite d'autres chercheurs (Bishop, 1979; Brousseau, 1985; Guttiérrez, 1987), nous avons montré (Pallascio et al., 1990) que l'environnement joue un rôle déterminant dans les parcours naturels suivis par les individus pour développer leur perception et leur représentation spatiale (objectif #5). Le même facteur environnemental risque d'être très important dans une intervention didactique structurée. Dans ce contexte, trois catégories d'environnements sont considérées pour les activités d'apprentissage: le micro-espace (manipulation de petits objets, apprentissage informatisé...), le méso-espace (déplacement d'un objet dans un milieu contrôlé par la vue) et le macro-espace (représentation implicite des mouvements par recollement mental de "cartes"). Les études sur la contextualisation suggèrent de tenir compte de l'environnement culturel de l'individu afin de tendre vers son développement intégral, plutôt que de chercher à contrecarrer ce contexte culturel[9].

L'analyse des résultats des deux expérimentations prévues sera réalisée par des procédés différents et complémentaires. D'abord une analyse qualitative des productions des élèves nous permettra d'identifier les obstacles auxquels font face ceux-ci dans la résolution de problèmes de représentation spatiale et la construction de modèles physiques. Cette analyse nous permettra également d'évaluer le contenu des activités proposées aux élèves en regard des théories de la représentation et du rôle du langage dans celle-ci. Ensuite un test-entrevue auprès de quelques sujets sélectionnés au hasard nous permettra de laisser la parole aux sujets dans une situation de résolution de problèmes, et ce, dans chacun de nos groupes ciblés. Enfin nous utiliserons notre test validé dans un processus d'analyses plus classiques (pré-test / post-test) en ayant recours à des groupes contrôle équivalents à nos groupes expérimentaux.

9 Voir Carraher et al. (1985), Janvier (1989) et Schliemann (1986).

RÉFÉRENCES

Baracs, J. (1988). Spatial Perception and Creativity, *in: Shaping Space: A Polyhedral Approach*, ed. Senechal and Fleck. Birkhäser, Boston, Basel, pp. 118-132.

Baracs, J., Pallascio, R. (1981). Le développement de la perception spatiale. Compte Rendu de la 33e Rencontre Internationale de la CIEAEM: *Processus de géométrisation et de visualisation*, Italie, pp. 37-49.

Bishop, A.J. (1983). Spatial Abilities and Mathematical Thinking, *in: Proceedings of ICME-IV*, Birkhäuser, Boston, Basel, pp. 176-178.

Bishop, A.J. (1980). Spatial Abilities and Mathematics Education - a review. *Educational Studies in Mathematics*, vol. 11, pp. 257-269.

Bishop, A.J. (1979). Visualising and Mathematics in a Pre-technological culture. *Educational Studies in Mathematics*, vol. 10, pp. 135-146.

Brousseau, G. (1985). La représentation de l'espace, *in: Thèse d'état* (annexe). Université de Bordeaux, pp. 447-473.

Carraher, T.N., Carraher D.W., Schliemann A.D. (1985). Mathematics in the Street and in the schools. *British Journal of Developmental Psychology*, no 3, pp. 21-29.

Eliot, J., Smith, I.M. (1983). *An International Directory of Spatial Tests*. NFER-NELSON, Windsor, Berks.

Gutiérrez, A., Jaime, A. (1987). Estudio de las caracteristicas de los niveles de Van Hiele, *in: Les Actes de PME-XI*, Montréal, vol. III, pp. 131-137.

Janvier, C. (1989). Contextualization and Mathematics for All. *NCTM Yearbook* (à paraître).

Jurdak, M. (1989). Van Hiele Levels and SOLO Taxonomy, *in: Les Actes de PME-XIII*, Paris, vol. 2, pp. 155-162.

Kosslyn, S.M. (1983). *Ghosts in the Mind's Machine*. W.W. Norton and co., New York.

Kosslyn, S.M. (1980). *Image and Mind*. Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Lohman, D.F. (1979). *Spatial Ability: A Review and Reanalysis of the Correlational Literature*. Aptitude Research Project. Report #8, Stanford California University.

Lohman, D.F., Pellegrino, J.W., Alderton, J., Regian, W. (1987). Dimensions and Components of Individual Differences *in: Spatial Ability, in Intelligence and Cognition: Contemporary Frames of Reference*. Ed. Irvine, S.H. et Newstead, S.E., Martnus Nijhoff Publ. et NATO, Boston.

Lunkenbein, D. (1983). Observations concerning the Child's Concept of Space and its Consequences for the Teaching of Geometry to Younger Children, in: *Proceedings of the ICME-IV*, Birkhäuser, Boston, Basel, pp. 172-174.

Lunkenbein, D. (1980). *Groupements dans le processus de formation de concepts*. Rapport #31, FCAC.

Lunkenbein, D., Allard, H., Goupille, C. (1982). *Structuration intérieure d'objets géométriques dans la genèse d'idées spatiales*. Rapport #35, FCAC.

Lunkenbein, D., Allard, H., Goupille, C. (1981). *Observations concernant la genèse et le développement d'idées spatiales chez l'enfant et chez l'adulte*. FCAC #34.

Lunkenbein, D., Allard, H., Goupille, C. (1979). *Rationalisations d'interventions didactiques*. Rapport #28, FCAC.

Mariotti, M.A. (1989). Mental Images: Some Problems Related to the Development of Solids, *in: Les Actes de PME - XIII*, Paris, vol. 2, pp. 258-265.

McGee, M.G. (1979). Human Spatial Abilities: Psychometric Studies and Environmental, Genetic, Hormonal and Neurological Influences, *in: Psychological Bulletin*, vol. 86, no 5, pp. 889-918.

Mitchelmore, M.C. (1983). The Development of Children's Spatial Ideas, *in: Proceedings of the ICME-IV*, Birkhäuser, Boston, Basel, pp. 171-172.

Mitchelmore, M.C. (1978). Developmental Stages in Children's Representation of Regular Solid Figures, *in: Journal of Genetic Psychology*, p. 133.

Mongeau, P. (1989). *Analyse et évaluation géométrique et psychologique de la représentation spatiale et de son développement*. Thèse de 3e cycle, Université de Montréal.

Nasser, L. (1989). Are the Van Hiele Levels Applicable to Transformation Geometry?, *in: Les Actes de PME-XIII*, Paris, vol. 3, pp. 25-32.

Pallascio, R., Allaire, R. (1989). *Vers un modèle d'intervention didactique*. FCAR #3046.

Pallascio, R., Allaire, R. (1988). *L'apport de l'environnement dans le développement organisé d'habiletés perceptives d'objets géométriques*. CRSH #410-87-1277.

Pallascio, R., Allaire, R., Mongeau, P., Talbot, L. (1987). *Développement d'habiletés perceptives d'objets géométriques à l'aide d'un environnement ordinateur.* FCAR.

Pallascio, R., Allaire, R., Talbot, L., Mongeau, P. (1990). L'incidence de l'environnement sur la perception et la représentation d'objets géométriques. *in: Revue des Sciences de l'Éducation*, Montréal, vol. XVI, no 1 (à paraître).

Pellegrino, J.W., Alderton, D.L., Shute, V.J. (1984). Understanding Spatial Ability, *in: Educational Psychology*, vol. 19, no 3, pp. 239-253.

Pellegrino, J.W., Mumaw, R.J., Shute, V.J. (1985). Analyse of Spatial Aptitude and Expertise, *in: Test Design*. Ed. S.E. Emberton.

Piaget, J. (1947/1972). *La représentation de l'espace chez l'enfant.* PUF, Paris.

Schliemann, A.D. (1986). Mathematics among Carpentry Apprentices: Implications for School Teaching. *Mathematics for All.* Science and Technology Education. Document Series no 20, Unesco, Paris.

Van Hiele, P.M. (1986). *Structure and Insight.* Academic Press, New York.

Le langage naturel comme paradigme dans l'expression algorithmique des problèmes en robotique éducative

par Jean-Baptiste La Palme
Département de mathématiques et d'informatique
et Maurice Bélanger, CIRADE
Université du Québec à Montréal

Séminaire sur la Représentation
26 janvier 1990 - n^{o} 59

CIRADE, UQAM, juin 1991

Note: La publication de ce séminaire est rendue possible grâce à une subvention du fonds FCAR.

RÉSUMÉ

Plusieurs approches ont été retenues à ce jour pour traiter le langage naturel à l'aide de l'ordinateur. L'approche que nous avons retenue permet à l'enfant de créer son propre langage, avec le moins de contrainte informatique possible, tant sémantique que syntaxique. Ce langage lui permet par la suite de résoudre certains problèmes de robotique éducative. L'expression algorithmique de la solution des problèmes à l'aide de ce langage devrait nous donner des indices sur la représentation mentale des objets sous considération.

Notre approche

Pour illustrer l'approche que nous avons choisie, étudions la situation de robotique éducative suivante (Figure 1): un véhicule mû par un moteur est équipé de deux interrupteurs visant à informer l'ordinateur de la proximité d'un obstacle (Exemple tiré de La Palme 1990). Nous demandons à l'élève de contrôler ce véhicule.

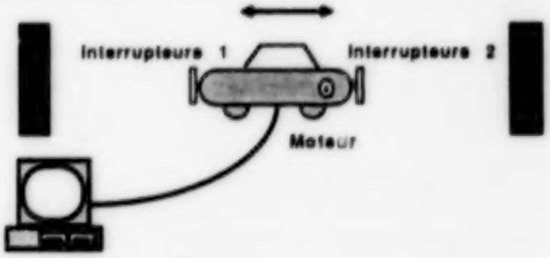


Figure 1

Le problème pourrait s'exprimer ainsi:

Contrôler l'automobile de façon à ce qu'elle change de direction lorsqu'elle frappe un obstacle et qu'elle s'arrête si les deux pare-chocs sont renfoncés.

La façon classique de chercher la solution du problème, en informatique, est de traduire cet énoncé dans un autre énoncé plus proche de son expression algorithmique. Le nouvel énoncé pourrait être celui-ci:

Au départ, l'automobile avance.
Si elle frappe à l'avant, elle recule.
Si elle frappe à l'arrière, elle avance.
Si elle frappe à l'avant et frappe à l'arrière, elle arrête.

Cet énoncé, qui est formé de phrases en langue naturelle, mais qui est très près de la solution algorithmique du problème est souvent appelé **pseudo-programme.**

Jusqu'ici, la réflexion et les énoncés pourraient être exactement les mêmes, quelque soit le langage informatique dans lequel nous avons l'intention de traduire le problème: que ce soit BASIC, Pascal, LOGO, FORTH ou C.

Mais lorsque nous tentons de traduire l'algorithme précédent dans un des langages précités, les problèmes que nous rencontrons sont des problèmes qui ont trait au langage informatique choisi, et non pas au problème sous considération. Cette dernière étape de traduction dans un langage informatique est souhaitable si le but de l'exercice est d'apprendre la programmation dans ce langage. Mais autrement, cette dernière étape est inutile.

Nous nous sommes donc posés les questions suivantes:

Un programme est-il nécessaire?
Pourquoi le pseudo-programme ne serait-il pas le programme?

Ce langage naturel algorithmique aurait comme premier avantage de forcer l'enfant à trouver une expression algorithmique de son problème, et comme deuxième avantage de permettre à l'enfant de vérifier immédiatement sa solution à l'ordinateur.

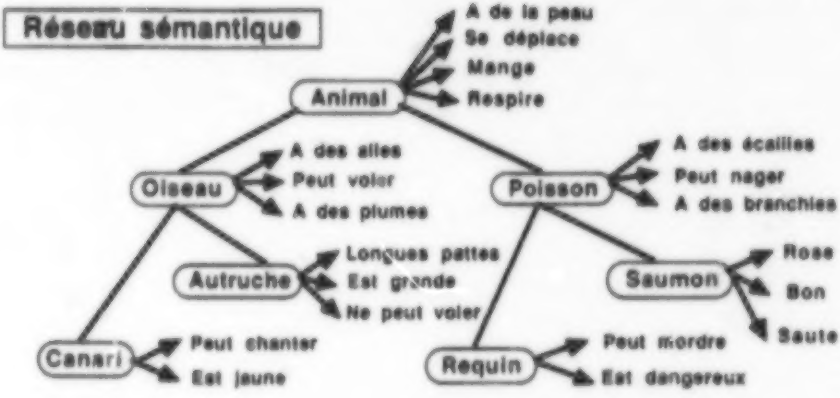
C'est ce langage naturel algorithmique que nous avons réalisé. Cependant, nous sommes allés plus loin. En effet, puisque le langage est indissociable du corpus notionnel qu'il exprime, ne serait-il pas souhaitable que l'enfant puisse définir son propre langage.

Les analyseurs

La «compréhension» du texte par un ordinateur se divise en deux grands champs d'étude. D'une part, les analyseurs et d'autre part les interpréteurs et les compilateurs.

Les analyseurs sont appelés en anglais les «parser». Ils visent à faire une analyse sémantique ou syntaxique du texte, ou les deux.

L'analyse sémantique est généralement basée sur une certaine représentation sémantique du domaine et on peut citer à ce chapitre les réseaux sémantiques (Figure 2), l'analyse conceptuelle ou les «frames» de Minsky.



Traduit de «Applied Natural Language Processing» Steven C. Shwartz p.46

Figure 2

Par ailleurs, l'analyse syntaxique est généralement basée sur une représentation syntaxique ou sur une «grammaire». On peut citer les réseaux de transition (Chomsky) (Figure 3), la grammaire transformationnelle, la grammaire fonctionnelle et la «Case grammar».

Les deux types de représentation précédents se combinent dans des «langages de représentation des connaissances» et les «systèmes experts» qui sont utilisés pour créer à l'intérieur de l'ordinateur une représentation la plus fidèle possible du texte, dans le but d'une action éventuelle ou d'une requête d'information (lire à ce sujet, Winograd 1983 et Bobrow 1977).

Figure 3

Dans ce champ d'étude, on entendra souvent dire que l'ordinateur «comprend» le texte. En fait, ce qui est impliqué par cette expression, c'est que l'ordinateur possède une représentation interne du texte qui est différente du programme qui fera une action ou qui répondra à une requête d'information: la représentation interne du texte n'est pas une représentation procédurale.

Les traducteurs

L'autre grand champ d'étude a comme principaux représentants les interpréteurs et les compilateurs.

Les interpréteurs et les compilateurs sont des types particuliers de traducteur qui, à partir du texte, produisent un programme dont le fonctionnement et la logique sont davantage calqués sur le fonctionnement et la logique internes de l'ordinateur. Ces traducteurs déterminent ce qu'on appelle des «langages».

Plusieurs types de langages existent. Certains langages peuvent, en théorie, permettre la solution de n'importe quel problème informatique. On les appelle des langages de programmation. D'autres langages ont une sémantique et une syntaxe plus fermées, mais permettent la solution plus rapide d'un certain type de problème. On les appelle des langages d'application.

D'autres enfin, pour en rester à ceux auxquels nous voulons faire allusion, ont une forme naturelle limitée et permettent l'interrogation des bases de données. On les appelle des langages d'interrogation. On pourrait caractériser certains de ces langages comme des langages algorithmiques naturels, en ce sens qu'à la lecture, un programme ressemble au langage naturel, tandis qu'à l'écriture ce langage requiert une activité mentale de création d'un algorithme.

Pour permettre d'appliquer les langages d'interrogation à des champs nouveaux, certains systèmes donnent accès à une grammaire sémantique. Cette grammaire sémantique permet d'intégrer dans le langage d'interrogation des mots et des «pattern» plus près du domaine d'application cible. Le produit se rapproche alors davantage ce que l'on a appelé un langage d'application.

Positionnement de notre recherche

Notre recherche se situe dans le champ d'étude des traducteurs, et comporte deux volets.

Premièrement, nous sommes intéressés à la façon dont les enfants utilisent un langage d'application en vue de la solution d'un problème de robotique éducative.

Deuxièmement, nous sommes intéressés à la façon dont un enfant peut définir son propre langage d'application, à l'aide d'une grammaire sémantique, à partir d'un langage algorithmique naturel.

Jusqu'à ce jour, les recherches concernant les enfants se sont situées à deux niveaux.

Au niveau des analyseurs, beaucoup de recherches ont porté sur la «compréhension» du texte d'un enfant dans le but de le corriger, ou dans le but de lui permettre de communiquer avec une banque de connaissances, ou simplement de communiquer avec un didacticiel. Certains analyseurs sont allés jusqu'à utiliser les indices phonétiques pour décoder le texte imparfait de l'enfant.

Au niveau des traducteurs, l'expérience principale est celle qui a consisté à faire programmer les enfants en LOGO, dans le but d'explorer le corpus sous-tendu par les primitives notionnelles, ou dans le but de s'initier à la programmation.

Le Langage Androide

Les outils dont l'enfant doit disposer pour créer son propre langage d'application en robotique éducative doivent être de trois ordres.

Premièrement, l'enfant doit disposer de primitives robotiques pour contrôler le robot et permettre à l'ordinateur d'obtenir de l'information sur le système robotique, par exemple les mots INTERRUPTEUR, CELLULE, COMPTEUR, pour les entrées et POSITIF, NÉGATIF et NUL, pour les sorties.

Deuxièmement, l'enfant doit disposer de conjonctions telles TANT QUE, SI, LORSQUE, qui sont autant d'outils dans l'expression de l'algorithme visant à résoudre un problème ou à définir un mot.

Troisièmement, l'enfant doit disposer de méta-mots dont la fonction est de permettre de définir d'autres mots. Les contraintes que nous avions, lorsque nous recherchions les meilleurs méta-mots, étaient multiples. D'une part, il était nécessaire qu'ils soient peu nombreux (moins de dix). D'autre part, ils se devaient d'être connus de l'élève et ils se devaient de suggérer correctement leur fonction. Enfin, nous désirions qu'ils soient puissants, c'est-à-dire qu'ils puissent engendrer une expression naturelle de la solution de nombreux problèmes en robotique éducative.

Les méta-mots dont nous avons convenu sont les suivants.

D'abord, les méta-mots standards: DÉFINITION, MOUVEMENT qui permettent de définir une procédure, et VARIABLE, qui permet de définir une structure de données.

Ensuite, les méta-mots sémantiques OBJET, SYNONYME, INSIGNIFIANT: OBJET permet de créer un réseau sémantique, SYNONYME crée un nouveau mot synonyme d'un mot connu, INSIGNIFIANT crée un mot qui n'a pas de fonction algorithmique, mais qui complète une expression.

Enfin, les méta-mots syntaxiques DÉTERMINANT, PRÉCÉDENT, SUIVANT: DÉTERMINANT permet de définir des expressions consacrées, dont nous savons qu'elles représentent une part importante du langage [1]. PRÉCÉDENT et SUIVANT permettent de faire varier l'ordre des mots. En effet, l'expression AVANCE DE 3 CM peut être analysée de la façon suivante: l'argument de AVANCE est 3 CM, l'argument de CM est 3. Par conséquent, l'argument de AVANCE suit le mot, tandis que l'argument de CM précède le mot. Dans le langage dont la syntaxe est rigide, il faudrait écrire AVANCE CM 3, comme en LOGO, ou 3 CM AVANCE, comme en FORTH. Dans le langage Androïde, puisque le mot DE est «insignifiant», on peut définir et effectivement utiliser l'expression AVANCE DE 3 CM.

L'activité de l'enfant

Pour illustrer l'activité type d'un enfant qui utilise le Langage Androïde, reprenons le problème du début, et supposons que le problème se complique par l'adjonction d'une automobile rouge et d'une automobile verte.

Les phrases que l'enfant peut vouloir utiliser pour décrire le problème pourraient être les suivantes: «l'automobile rouge frappe à l'avant» ou «l'automobile verte frappe à l'avant». Le «frappe à l'avant» est utilisé de la même façon dans les deux phrases, malgré qu'il s'adresse à l'automobile rouge dans un cas et à l'automobile verte dans l'autre cas. L'enfant aura alors à définir un réseau sémantique simple associant les différents objets aux mots s'y rapportant (Figure 4).

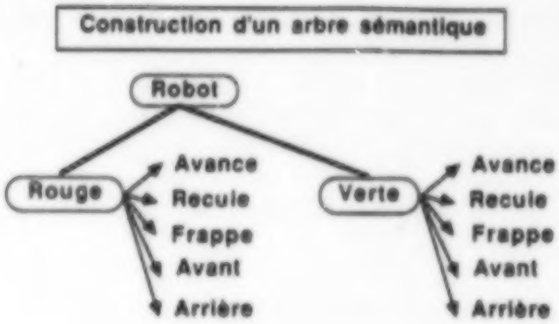


Figure 4

Ainsi, «frappe à l'avant» associé à l'automobile rouge pourra signifier «l'interrupteur 1 est pressé», tandis que «frappe à l'avant» associé à l'automobile verte pourra signifier «l'interrupteur 3 est pressé». Également, le mot AVANCE associé à l'objet ROUGE pourrait mettre en marche le moteur 1, tandis que le mot AVANCE associé à l'objet VERTE pourrait mettre en marche le moteur 2.

Par ailleurs, lors de la construction de l'algorithme, l'enfant se devra faire une étude syntaxique des phrases comme: «Si elle frappe à l'avant, elle recule.» (Figure 5). Cette analyse pourrait le conduire à comprendre que la condition est exprimée par la phrase «elle frappe à l'avant», que l'action est exprimée par la phrase «elle recule», que le délimiteur de la condition est la virgule et que le délimiteur de l'action est le point, que AVANT est l'argument de frappe, et que SI est la conjonction qui détermine la structure de phrase attendue.

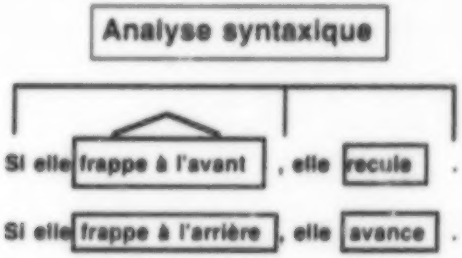


Figure 5

Un exemple

Un cycle complet de cette recherche a été tenté à l'école Louis-Joseph Papineau de la C.E.C.M. Après un an d'initiation à la robotique pédagogique, des élèves ont entrepris de

construire un théâtre robotisé de marionnettes contrôlé entièrement par ordinateur: le rideau, les décors, les réflecteurs et les marionnettes.

Après avoir construit les différents éléments de ce théâtre, il ont eu à créer un langage d'application permettant de contrôler le théâtre, de façon à ce que des élèves néophytes puissent éventuellement être appelés à contrôler ce théâtre. Ce langage d'application se devait d'être suffisamment naturel et simple pour que le temps d'apprentissage se limite à quelques minutes (en excluant l'initiation à l'ordinateur).

Le travail des élèves a consisté principalement en la construction de primitives «théâtrales» et de quelques expressions consacrées. En voici quelques exemples:

OUVRE LE RIDEAU, BAISSE LE DÉCOR 1, LÈVE LE DÉCOR 2.
ALLUME LE RÉFLECTEUR JAUNE, ÉTEINT LE RÉFLECTEUR ROUGE.
C'EST LE MATIN, C'EST LE SOIR, C'EST LA NUIT.
RAMON VA AU CENTRE, ZOÉ VA EN COULISSE, RAMON TOURNE À GAUCHE.
SIMULTANÉMENT ZOÉ TOURNE FACE AU PUBLIC, RAMON SE PENCHE.

Deux observations: premièrement, quelques petits scénarios ont été réalisés avec ce langage d'application, et pour le moment, il semble que ce soit suffisant; deuxièmement, après trois mois de vacances, pendant lesquels le théâtre a été inutilisé, les élèves se sont remis à programmer le théâtre comme s'ils n'avaient jamais cessé de le faire.

Conclusion

Nous avons remarqué qu'il s'établissait un cycle itératif entre la définition des mots et la définition des phrases et des expressions consacrées. Nous ne savons pas quelle en est la dynamique. À quelques reprises, des expressions qui venaient naturellement à l'esprit des enfants n'ont pu être implantées dans le langage. Nous ne savons pas quelle est la proportion des expressions possibles dans ce langage par rapport à l'ensemble des expressions naturelles. Certaines discussions entre les élèves et les chercheurs ont porté sur la structure des phrases et la façon dont une phrase particulière porte le sens. Nous ne savons pas quelle est la partie de cet exercice de construction d'un langage qui est «utilisable» dans l'enseignement de la langue naturelle.

Ce que nous savons, c'est que cette approche de la communication de l'enfant avec l'ordinateur représente un pas en avant dans la communication des **enfants entre eux**, grâce à l'introduction d'un langage compréhensible par tous les intervenants: l'ordinateur, les élèves et les professeurs.

BIBLIOGRAPHIE

[1] *Second Conference on Applied Natural Language Processing*, Février (1988). Austin, Texas, USA Association for Computational Linguistic.

[2] Winograd, T. (1983). *Langage as a Congnitive Process, Syntax*. Addison-Wesley Publishing Co.

[3] Shwartz, S.C. (1987). *Applied Natural Langage Processing*, Petrocelli Books, Princeton, N.J.

[4] Brachman, R.J., Lévesque, H.J. (1985). *Reading in Knowledge Representation*, Morgan Kufmann Publishers, Los Altos, Ca.

[5] Harris, M.D. (1985). *Natural Language Processing*, Reston Publishing Company Inc., Reston, Virginia.

[6] Minsky, M. (1981). *A framework for representing Knowledge*, MIT Press, Cambridge, MA

[7] Bobrow, D.G., Winograd, T. (1977). *An Overview of KRL, a Knowledge Representation Langage*, Cognitive Science, *1(1)*, pp. 3-46.

[8] La Palme, J.-B., Bélanger M. (1990). *Introduction à la Robotique éducative avec le Langage Androïde*, Les Éditions Micro-Éduc Inc., Montréal.

Des exemplaires du présent document sont en vente à l'adresse suivante:

Centre Interdisciplinaire de Recherche sur
l'Apprentissage et le Développement en Education
Université du Québec à Montréal
C.P. 8888, Succ. A,
Montréal, Québec
H3C 3P8

Publié par le Centre Interdisciplinaire de Recherche sur l'Apprentissage et le Développement en Education

Université du Québec à Montréal

Conception graphique: Pierrette [illegible]